Verlag Schnelle
Eberhard und Wolfgang Schnelle
Quickborn und Berlin
Postscheckkonto Berlin-West 191877
Bank: Bankhaus Weber, Berlin 30, Tauentzienstr. 7a
Druck: S. Maurischat & A. Bevensee, Quickborn, Printed in Germany

GRUNDLAGENSTUDIEN

AUS

KYBERNETIK

UND GEISTESWISSENSCHAFT

BAND 2 1961

MIT EINEM BEIHEFT

Denkschrift zur Gründung eines Institutes für Regelungstechnik

von

HERMANN SCHMIDT

1941

VERLAG SCHNELLE, QUICKBORN UND BERLIN

Neuerdings vollzieht sich eine immer stärker werdende Annäherung zwischen Natur- und Geisteswissenschaft als Auswirkung methodologischer Bestrebungen, für die sich das Wort Kybernetik eingebürgert hat. Die Einführung statistischer und speziell informationstheoretischer Begriffe in die Ästhetik, die invariantentheoretische Behandlung des Gestaltbegriffs und die Tendenzen, zwischen der Informationsverarbeitung in Maschine und Nervensystem Isomorphismen nachzuweisen, sind nur drei Symptome dafür.
Die Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft sollen der raschen Publikation neuer Resultate dienen, welche diese Entwicklung zu fördern geeignet sind. Veröffentlicht werden vor allem grundlegende Ergebnisse, sowohl mathematischer, psychologischer, physiologischer und in Einzelfällen physikalischer als auch philosophischer und geisteswissenschaftlicher Art. Nur in Ausnahmefällen werden dagegen Beiträge über komplexere Fragen der Nachrichtentechnik, über Schaltungen von sehr spezieller Bedeutung, über Kunst und literaturgeschichtliche Probleme etc. angenommen. In geringer Zahl werden Buchbesprechungen veröffentlicht. (GrKG 1, 1960, S. 1)

Erscheinungsweise: Viermal im Jahr mit je 32 bis 48 Seiten.
Beiheft: Im Jahr erscheint für Abonnenten ein Beiheft.
Preis: DM 4,80 je Heft und Beiheft. Für Angehörige von Lehranstalten 2,88 DM.
Im Abonnement Zustellung und Jahreseinbanddeckel kostenlos. Bezug: durch Buchhandel oder Verlag.
Manuskriptsendungen: an Schriftleitung gemäß unserer Richtlinien auf der dritten Umschlagseite.

Schriftleitung

Prof. Dr. Helmar Frank
Institut für Kybernetik
Berlin 46, Malteserstr. 74/100

Les sciences naturelles et les sciences humaines se rapprochent de plus en plus; ce rapprochement est une conséquence des tendances métodologiques appelées cybernetique. L'introduction en esthétique de termes statistiques et surtout de termes de la théorie de l'information, le fait de considérer mathématiquement la notion de Gestalt comme une invariante, et les tendances à chercher des isomorphismes entre la transformation de l'information par les machines et par le système nerveux sont seulement trois exemples du dit rapprochement.
Les «Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft» ont pour but de publier rapidement des résultats nouveaux capables de contribuer à ce dévéloppement. Surtout des résultats fondamentaux (soit de caractère mathématique, psychologique, physiologique et quelquefois physique — soit de caractère philosophique ou appartenant aux sciences humaines) sont publiés. Par contre des travaux concernant soit des questions assez complexes de la théorie de communication et télécommunication, soit des reseaux éléctriques ayant des buts trop spéciaux, soit des problèmes de l'histoire de l'art et de la litérature etc. ne sont acceptés qu'exceptionnellement aussi que les comptes rendus de nouveaux livres. (GrKG, T. 1, 1960, p. 1.)

Il paraît chaque année 4–6 numéros de 32 à 48 pages, et, en général, un numéro spécial, non inclus obltgatoirement dans l'abonnement.
Prix: DM 4.80 le numéro; pour membres des universités et écoles DM 2.88. L'envoi et la couverture du tome complèt (à la fin de chaque année) est gratis pour les abonnés.
Les GrKG sont vendus en librairie ou envoyés par les Editeurs Schnelle
Les manuscrits doivent être envoyés au rédacteur en chef. Quant à la forme voir les remarques à la page 3 de cette couverturen.

Rédacteur en chef

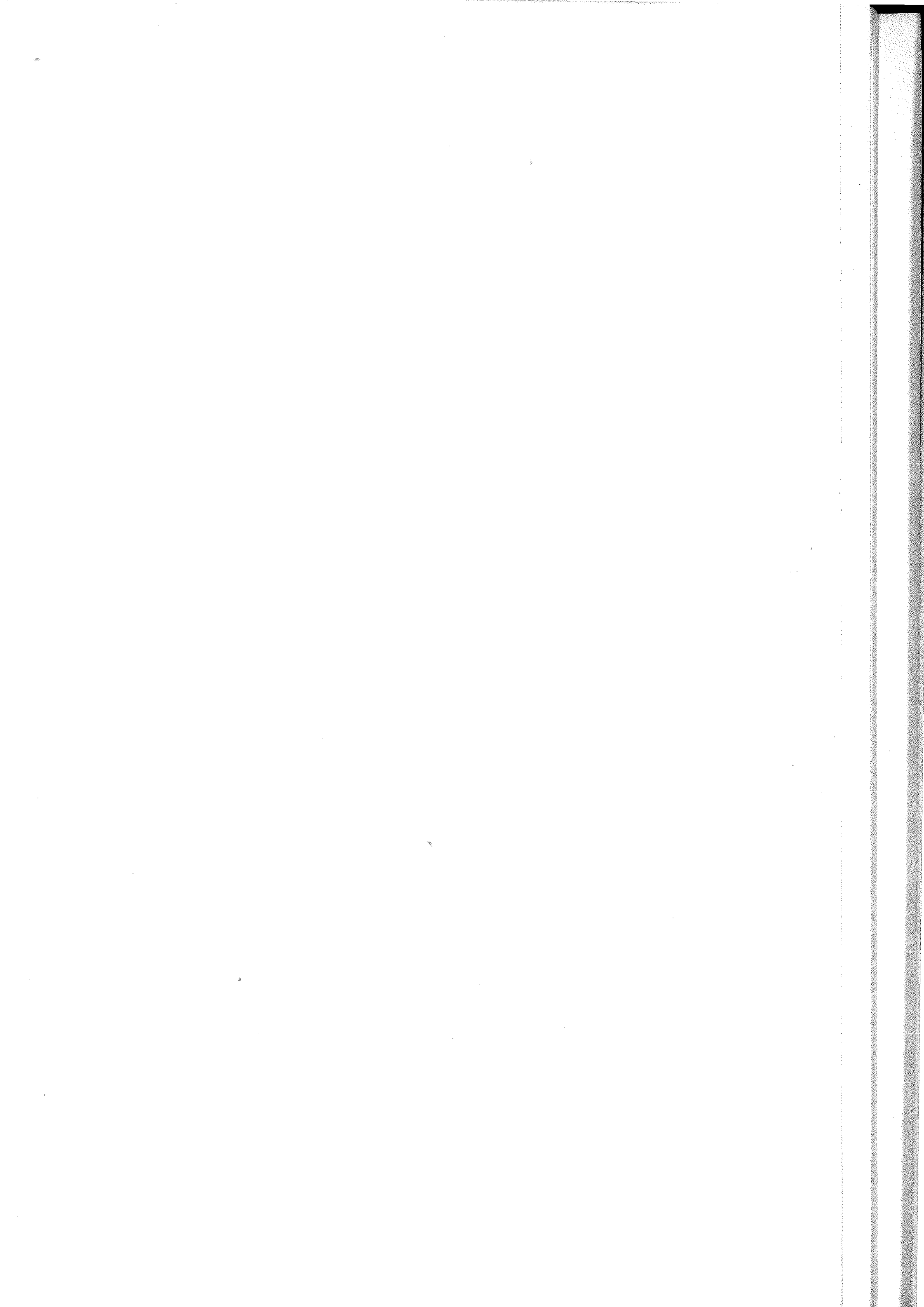
Prof. Dr. Helmar Frank
Institut für Kybernetik
Berlin 46, Malteserstr. 74/100

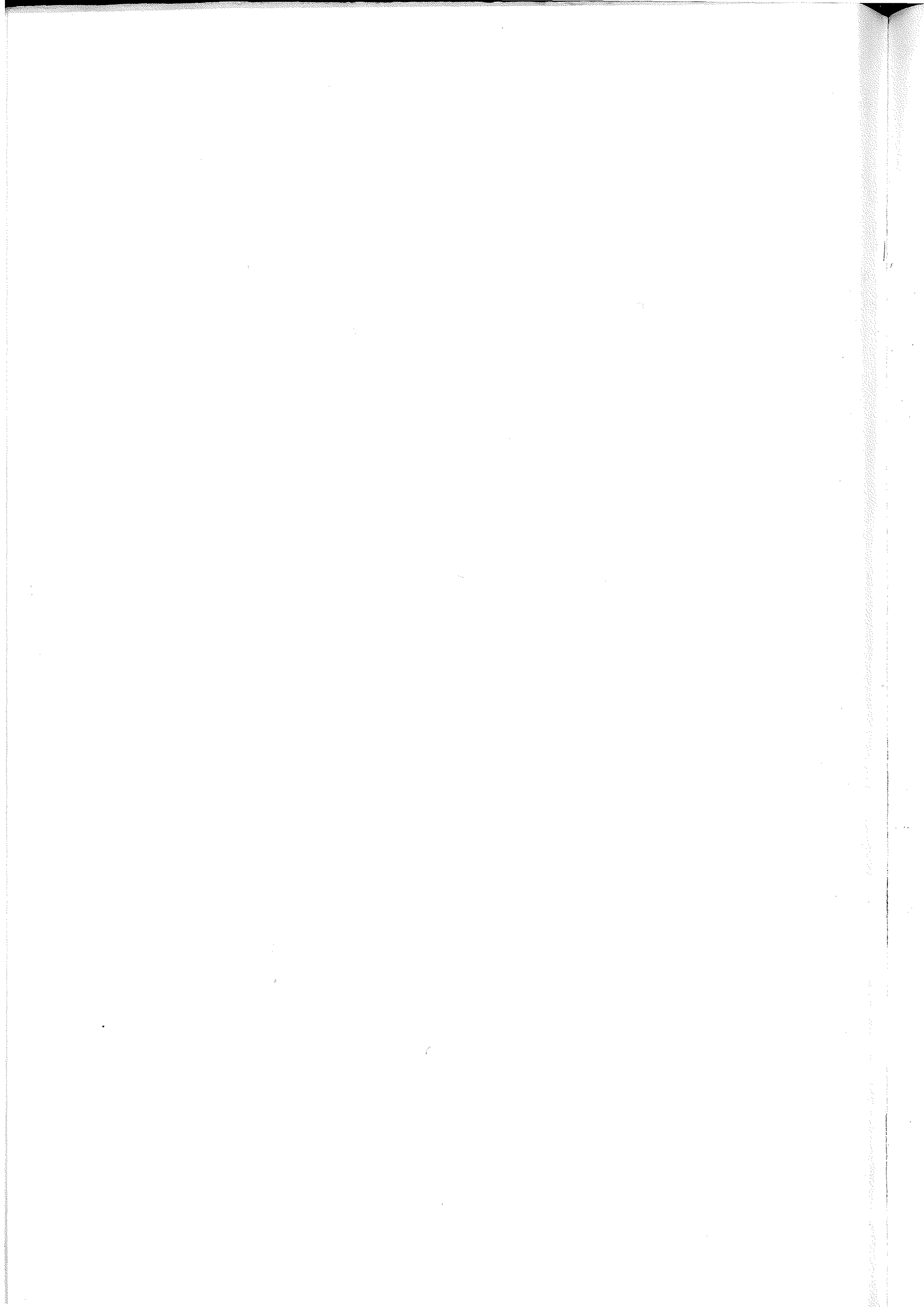
Natural and cultural sciences are in train to come together closer and closer as a consequence of methodological tendencies called cybernetics. The introduction of terms of statistics and specially of information theory into the terminology of esthetics, the interpretation of 'Gestalten' as mathematical invariants, and the search for isomorphisms by comparing information handling in computers and the brain are only three symptoms of the process mentioned above.
The Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft would like to cultivate this tendencies by rapid publication of new results related to cybernetics, especially results of basic interest, no matter whether belonging to the field of mathematics, psychology, physiology and sometimes even of physics, or rather to the fields of philosophy and cultural sciences. But papers which concern complex technical problems of transmission and processing of information, or electrical networks with very limited purpose, or the history of art and literature, are accepted only exceptionally. There will also be few recensions of books. (GrKG, 1, 1960, p. 1)

GrKG are published in 4–6 numbers each year, with 32–48 pages per number. Normally a special number is edited each year, which may be excluded of subscription if wanted so by subscribers.
Price: DM 4.80 per number. For members of universities and schools DM 2.88. Mailing and cover of the volume (to be delivered together with the last number each year) is free for subscribers. The GrKG may be received by booksellers or directly by the publisher.
Papers should be sent to the editors. For the form of manuscript see page 3 of this cover.

Editor

Prof. Dr. Helmar Frank
Institut für Kybernetik
Berlin 46, Malteserstr. 74/100





GRUNDLAGENSTUDIEN

AUS

KYBERNETIK

UND GEISTESWISSENSCHAFT

BAND 2 1961

2. Auflage 1963

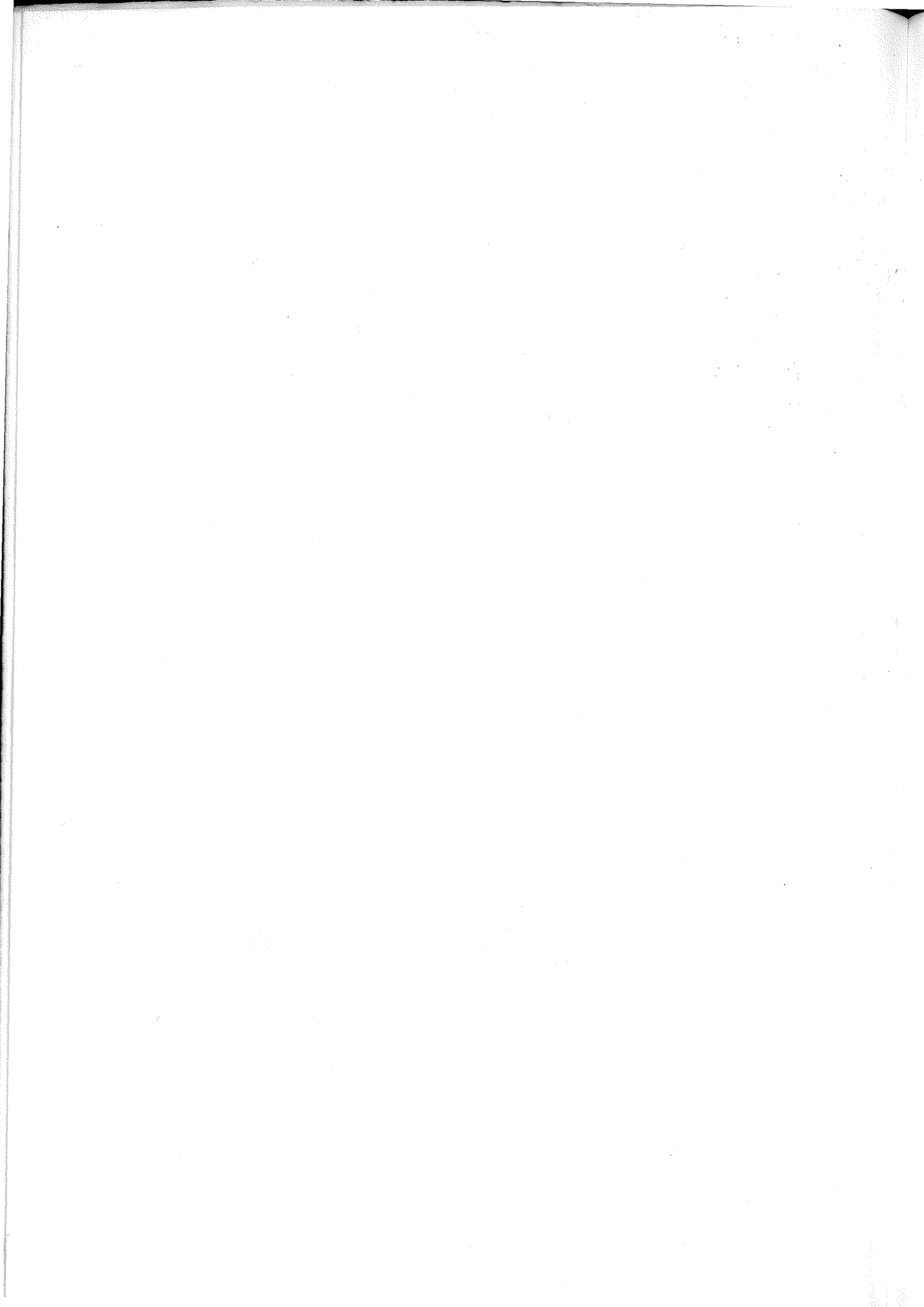
MIT EINEM BEIHEFT

Denkschrift zur Gründung eines Institutes für Regelungstechnik

(1941)

VON HERMANN SCHMIDT

VERLAG SCHNELLE, QUICKBORN BEI HAMBURG



Ansätze einer allgemeinen Zeichen- und Kommunikationstheorie bei Francis Bacon.

Von Gerald Eberlein, Stuttgart.

Es mag überraschen, daß hier - vermutlich zum erstenmal - Bacon im Zusammenhang mit der Kommunikations- und Zeichentheorie genannt wird. Daß dieser Zusammenhang bisher nicht gesehen wurde, beruht vielleicht darauf, daß das Gesamtwerk lateinisch 1665 und 1857 bis 73 zum ersten und einzigen Male in englischer Sprache erschien; die ebenfalls einzige englische Auswahl seiner philosophischen Werke 19o5. Eine deutsche Gesamtausgabe hat es nie gegeben. Selbst seine philosophischen Werke wurden nie ganz übersetzt und die Übersetzungen (Neues Organum, 187o und "Von der Würde und Vermehrung der Wissenschaften" 1783) sind heute nicht mehr erreichbar. Wir mußten daher alle Zitate neu übersetzen.

Wir heben im folgenden jene Teile des Baconschen Werkes hervor, die uns als unmittelbare Ansätze der Kommunikations- und Zeichentheorie erscheinen.

Als Vorarbeit zum "Novum Organum" erschien erstmalig 16o5 "Von Nutzen und Vermehrung der menschlichen und göttlichen Wissenschaften", das in ungleich ausführlicherer Fassung 1621/22 als "De dignitate et augmentis scientiarum" (im folgenden De augm. zitiert) 1623 lateinisch veröffentlicht wurde. "Von der Würde und der Vermehrung der Wissenschaften" stellt im englischen Sprachbereich eine bedeutende wissenschaftstheoretische Leistung jenes gerade anbrechenden Zeitalters der strengen Erfahrungsmethode dar. Es gibt einen Überblick über den Stand der damals bekannten Wissenschaften, ihre Mängel und Möglichkeiten. Wir würden ihm heute vielleicht den Titel geben: "Ergebnisse und Probleme der Wissenschaften".

Uns interessiert davon hauptsächlich das 6. Buch, betitelt "The Art of Transmitting", das sich mit der "Kunst des Übertragens oder des Produzierens oder Ausdrückens der Dinge" beschäftigt, "die erfunden, beurteilt und im Gedächtnis abgelegt sind; ich will sie allgemein als Kunst der Übertragung (Art of Transmission) bezeichnen". Schon vor hundert Jahren führt der Herausgeber von Bacons englischem Gesamtwerk den dafür heute gebräuchlichen Ausdruck ein. Er bemerkt: "Which appears to be used in the general sense of communication" (De augm. S. 121). "Diese Kunst schließt alle Techniken ein, die sich auf Wort und Reden beziehen." (De augm. S. 521).

Bacon unterteilt die "Kommunikations-Technik" ("art" hat bei ihm durchaus die Bedeutung von Technik, nicht von Kunst im musischen Sinne) in die Lehre vom Organ der Rede (Doctrine concerning the Organ of Discourse, 1. Kapitel), die Lehre von der Methode der Rede (Method of Discourse, 2. Kapitel) sowie der Lehre von der Illustration oder Ausschmückung der Rede im 3. Kapitel (alle De augm. S. 521). Es sei vorwegnehmend bemerkt, daß es sich nur bei der letzterwähnten Lehre um Rhetorik im heutigen Sinne handelt, nicht jedoch bei den beiden erstgenannten, die uns allein interessieren.

Bacons Lehre vom Organ der Rede stellt die Grammatik dar, die in einen das Sprechen und einen das Schreiben betreffenden Teil zerfällt. Bevor diese behandelt werden - auch hier möchten wir vorgreifend bemerken, daß es sich nicht nur um die heute übliche philologische Grammatik handelt - bringt unser Autor einen neuen Ansatz. Er spricht vom Kommunikationsorgan im allgemeinen (Organ of Transmission in general): "Denn es scheint, daß die Kommunikationstechnik einige andere Kinder außer Wörtern und Buchstaben hat. Dies also kann als Regel formuliert werden: Was immer in Unterschiede aufgeteilt werden kann, die genügend zahlreich sind, um die vielfältige Verschiedenheit der Begriffe darzulegen (sofern diese Unterschiede für die Sinne wahrnehmbar sind) kann zum Vehikel für die Kommunikation der Gedanken eines Menschen zu einem anderen gemacht werden" (De augm. S. 521).

Auf diese anderen Kinder der Kommunikations-Kunst oder Technik kommt Bacon dann näher zu sprechen: "Die Zeichen der Dinge, die eine Bedeutung ohne Hilfe oder Intervention von Worten tragen, sind von zweierlei Art: eine ex congruo, wo das Zeichen irgendwelche Übereinstimmung mit dem Begriff hat, die andere ad placitum, wo es eingeführt und nach Belieben vereinbart wird. Von der ersten Art sind Hieroglyphen und Gesten; von der letzteren die Realcharaktere, die weder Buchstaben noch Worte, sondern Dinge und Begriffe darstellen." Er erwähnt, daß Nationen verschiedener Sprache bei Vereinbarung solcher Charaktere miteinander schriftliche Kommunikation haben. Man denkt hier unwillkürlich an Freges Begriffsschrift, an die Flaggensignalsprache u.a. heute.

Zu den Hieroglyphen, für welche Bacon natürlich die ägyptische Schrift als Beispiel wählt, macht er die (für die Ästhetik der Mime und Pantomime interessante) Anmerkung: "Gesten sind wie vergängliche Hieroglyphen", und fährt fort: "Es ist nun klar, daß Hieroglyphen und Gesten immer einige Ähnlichkeiten mit dem bezeichneten Ding haben, und eine Art Sinnbild sind. Daher habe ich sie 'Zeichen von Dingen durch Kongruität genannt." (De augm. S. 522 f.)

"Realcharaktere andererseits haben nichts Sinnbildliches, sondern sind zunächst bedeutungsfrei (surds), ebenso wie die Buchstabenelemente selbst; werden nach Belieben geschaffen und sind stillschweigend durch Gebrauch vereinbart." Er

schließt - es handelt sich ja immer um eine Bestandsaufnahme!: "Diesen Teil der Lehre des Organs der Rede, der sich auf die Zeichen der Dinge bezieht, stelle ich als fehlend fest." Doch fügt er hinzu: "Obgleich es nicht von großem Nutzen zu sein scheint, da Wörter- und Buchstabenschrift bei weitem die gebräuchlichsten Kommunikationsorgane sind, hielt ich es doch für gut, diese Dinge hier zu erwähnen, als der Überlegung nicht unwürdig. Denn da wir hier sozusagen die umlaufende Münzwährung geistiger Dinge behandeln, ist es nicht unnütz zu wissen, daß, wie Geld aus anderem Material als Gold und Silber bestehen kann, so auch andere Zeichen von Dingen neben Wörtern und Buchstaben geprägt werden können." (De augm. S. 523)

Ebenso umfangreich wie die grammatischen Abhandlungen sind jene über das Verschlüsseln und Entziffern von Texten. Wir erwähnten schon, daß Bacon die Gesten unter die Hieroglyphen subsumiert. Darin verrät sich eine Anknüpfung an die manieristische Hieroglyphik des Jesuiten Kircher (1663), der ebenfalls eine Code-Schrift entwickelte. Die Beschäftigung mit Symbolen, Buchstaben oder Schriften stand zu Bacons Zeiten in hoher Blüte.

Daß Bacons binäres Chiffre-System, das nun folgt, von Kontinentaleuropa angeregt wurde, geht einmal aus seiner Bemerkung hervor, er habe es in seiner Jugend in Paris entworfen. Außerdem haben Forschungen seines Kommentators Ellis erwiesen, daß Bacon höchstwahrscheinlich auf existierende, allerdings weit unvollkommenere, Vorbilder, wie Trittenheims "Polygraphia" (1508), vor allem aber auf Portas berühmtes "De occultis literarum notis" (1606) zurückgegriffen hat, bzw. diese ihm bekannt sein mußten. Er kennt jedenfalls viele Chiffriersysteme, die bis in die Gegenwart in Gebrauch sind, verlangt aber von einer vollkommenen Chiffre, daß "durch sie jedes beliebige Element durch jedes beliebige bezeichnet sein kann" (De augm. S. 527) - eine Forderung, die ein binäres System am einfachsten erfüllt. Sein Binäralphabet sieht so aus:

A	B	C	D	E	F	G	H
aaaaa	aaaab	aaaba	aaabb	aabaa	aabab	aabba	aabbb
I	K	L	M	N	O	P	Q
abaaa	abaab	ababa	ababb	abbaa	abbab	abbba	abbbb
R	S	T	V	W	X	Y	Z
baaaa	baaab	baaba	baabb	babaa	babab	babba	babbb

Die Technik der Binärkommunikation wird von Bacon in ihrer vollen Tragweite erkannt: "Auch ist es nichts Geringes, was so erreicht wird. Denn wir sehen daraus, wie Gedanken über jede Entfernung mitgeteilt (communicated) werden können mittels beliebiger für Auge oder Ohr wahrnehmbarer Gegenstände, sofern diese nur zwei Differenzen darstellen können; so etwa Glocken, Trompeten,

Fackeln, Schüsse u.ä." (De augm. S. 528). Schon der Herausgeber und Kommentator weist vor einem Jahrhundert darauf hin, daß der elektrische Telegraph ein bekanntes Beispiel dieses Systems sei, daß nämlich jegliche Anzahl von Dingen durch Kombinationen zweier Zeichen wie in der binären Zahlenreihe bezeichnet werden könne. (De augm. S. 527, Fußnote 16).

Die Briefchiffrierung geht nun so vor sich, daß die Geheimbotschaft im Binäralphabet verschlüsselt wird. FLY (fliehe) wird also zu

F	L	Y
aabab	ababa	babba

Jede vorkommende Fünfergruppe von a und b wird nun mit Hilfe eines weiteren Alphabetes ausgeschrieben, indem jeder Buchstabe in zwei verschiedenen Typen (bzw. handschriftliche Varianten) auftritt, wobei die eine Variante jeweils a, die andere b entspricht:

a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
A	A	a	a	B	B	b	b	C	C	c	c
D	D	d	d	E	E	e	e	F	F	f	f
G	G	g	g	H	H	h	h	I	I	i	i
K	K	k	k	L	L	l	l	M	M	m	m
N	N	n	n	O	O	o	o	P	P	p	p
Q	Q	q	q	R	R	r	r	S	S	s	s
T	T	t	t	U	U	u	u	V	V	v	v
W	W	w	w	X	X	x	x	Y	Y	y	y
				Z	Z	z	z				

Unauffällig bleibt das System natürlich nur in Handschrift. Wir verwenden hier einfache Buchstaben als verschiedene Ausführungen des Binärzeichens A; unterstrichene Buchstaben vertreten übereinstimmend das Binärzeichen B.
Aus der Binärschreibweise

aa bab ab abab abba für FLY wird damit z.B.
Do not go till I com(e). (De augm. S. 628)

Das zweite Kapitel von Buch VI ist betitelt: "Die Lehre von der Methode der Rede". Bacon bemerkt gleich zu Beginn diese Methodik werde gewöhnlich als ein Teil der Logik behandelt, und finde auch in der Rhetorik einen Platz; das habe jedoch dazu geführt, dabei über vieles hinwegzugehen, was nützlich zu wissen

sei. Daher habe er "es für passend gehalten, die Lehre der Methode zu einer wesentlichen und prinzipiellen Lehre zu erheben, unter dem allgemeinen Namen Weisheit besser Praktik der Kommunikation (Wisdom of Transmission, De augm. S. 529).

Bacon weist zunächst auf die Auswahl der Kommunikationsmethode, nämlich den Unterschied zwischen der magistralen und der Initiationsmethode hin - eine heute noch oft vernachlässigte Unterscheidung zwischen der rein informierenden und derjenigen Wissenskommunikation, die es ermöglicht, Wissen durch Forschung zu erweitern und zu Fortschritten führt (De augm. S. 53o). Auch hier ist für Bacon wieder der Übergang von Mystik und Geheimlehre zur Rationalität kennzeichnend. Er bemerkt, daß er den Begriff Initiation sakralen Zeremonien entnommen habe, wendet ihn jedoch auf die Offenlegung der "Geheimnisse der Wissenschaften" an. Von dieser auf kritische Nachprüfung gerichteten Methode, die ihre Ergebnisse auf dem Wege mitteilen solle, auf dem sie gefunden wurden, habe nur die Methode der Mathematiker "eine Ahnung", sonst fehle sie aber.

Bacon unterscheidet eine Wissensübermittlung in Aphorismen und eine methodische systematische "Transmission". Erstere haben die Vorzüge, Erkenntnisse und Fähigkeiten des Autors gewissermaßen in nuce zu offenbaren, praktische Handlungsanweisungen zu geben, schließlich durch seinen unabgeschlossenen Charakter den Empfänger zu eigener Denkarbeit zu aktivieren, während die streng methodische Übermittlung zur sorglosen Hinnahme eines Gesamtsystmes als etwas Abgeschlossenen verleite. (De augm. S. 531)

Überhaupt wird die Adäquation der Kommunikationsmethode und des Gegenstandes, über den informiert wird, immer wieder betont, selbst eine operationale Definition des Begriff Präinformation taucht auf. Nach Bacon ist die Wissensübermittlung einzurichten "gemäß den Informationen (informations) und Antizipationen, die dem Geist des lernenden hinsichtlich des zu übermittelnden Wissens bereits eingeprägt ist. Denn neues, fremdartiges Wissen ist dem menschlichen Geist in anderer Form zu übermitteln als jenes, das den schon aufgenommenen Meinungen verwandt und vertraut ist". (De augm. S. 532) An dieser Stelle ist - wie überhaupt oft bei Bacon - die Ausdrucksweise völlig technisch und nimmt etwa mit Ausdrücken wie "taken in and received" (De augm. S. 532) geradezu heutige Termini wie "in-put", Empfang und so weiter vorweg. Bacon sieht sehr genau, daß die oben erwähnte prägnante Kurzinformation in Aphorismen bei der Mitteilung neuer, unvertrauter Sachverhalte unangebracht its. Bei Kommunikation von neuen Sachverhalten entsteht, wie er bemerkt, "doppelte Mühe; erstens sie dem Verständnis nahezubringen, und sie dann noch zu beweisen; sodaß man gezwungen ist, zu Ähnlichkeiten und Metaphern als Bedeutungsträgern (to convey their meaning) seine Zuflucht zu nehmen. "Das wird auch historisch nachgewiesen: "In der Kindheit der Wissenschaft, als all diese Begriffe, die jetzt alt und tri-

vial sind, neu und niemals gehört waren, war die Welt voll von Parabeln und Ähnlichkeiten". Bacon formuliert schließlich: "Denn es ist eine Regel der Kommunikationstheorie, daß alles Wissen, das nicht mit Antizipationen oder entsprechenden Voraussetzungen übereinstimmt, Unterstützung durch Ähnlichkeiten und Vergleiche suchen muß." (De augm. S. 532)

Bacon hat hier, modern formuliert, die Notwendigkeit nicht nur der Präinformation, sondern auch einer Minimalredundanz bei der Kommunikation gesehen oder zumindest vorausgeahnt.

Wir sind der Meinung, die erwähnten zeichen- und im weitesten Sinne kommunikationstheoretischen Ansätze bei Francis Bacon seien allein deswegen der Mitteilung wert, weil sie zeigen, wie eine konsequente Bearbeitung heute vernachlässigter Gebiete, wie Rhetorik und (allgemeiner) Grammatik, zu Gedanken führen kann, die uns heute von ganz anderen Disziplinen her als modern erscheinen.

Literatur:

Anderson, F.H.: Philosophy of Francis Bacon, U. of Chicago Press, 1948

Bacon, F.: The Philosophical Works, ed. by J.M. Robertson, London, 19o5

Fiske, G.H.: Studies in the biliteral cipher of F. Bacon, Luce 1913

Frost, W.: Bacon und die Naturphilosophie, München 1927

Wallace, K.R.: Francis Bacon on Communication and Rhetoric Chapel, Hill N.C., Oxford 1943

Eingegangen: 1.11. 1961

Über ein Verfahren der mechanischen Didaktik

von Felix v. C u b e, Stuttgart

Die Untersuchung der Aufgabe, wie oft ein Text der Information I wiederholt werden muß, um vollständig ins Dauergedächtnis aufgenommen zu werden, führte uns (v. Cube, 196o d) auf die Formel

$$n = \frac{\log 1,8 - \log I}{\log (o,93)}$$

wobei I die subjektive Information des Textes bedeutet. Um eine quantitative Aussage zu machen, müssen die beiden folgenden Voraussetzungen erfüllt sein:

1) Der Text muß auf bekanntem "endlichem Schema" gelernt werden. Die subjektive Information muß also gleich der objektiven sein.
2) Der Text muß "ideal" sein, so daß kein unkontrollierbarer Anteil an Information auf die Erlernung von Häufigkeiten verwendet wird.

Im folgenden untersuchen wir das Problem, wie die subjektive Information eines Textes und damit auch die Anzahl der zu seinem Erlernen notwendigen Wiederholungen herabgesetzt werden kann. Dabei soll die Forderung nach Meßbarkeit der subjektiven Information aufrechterhalten werden. Eine Theorie, die sich mit solchen Verfahren zur Herabsetzung der subjektiven Information von Texten beschäftigt, nennen wir allgemein "Theorie der mechanischen Didaktik".

Ein spezielles Verfahren dieser mechanischen Didaktik liegt in der Methode, kleinere Textabschnitte zu "Wörtern" zusammenzufassen. Zunächst werden diese Wörter einzeln gelernt und dann zum Text zusammengesetzt. Die Frage ist nun, w i e diese Zerlegung durchzuführen ist, damit die subjektive Information eines Textes ein Minimum wird.
Es sei

$$a_1 \quad a_2 \quad a_3 \quad a_4 \ldots a_m$$

der zu lernende Text. Seine subjektive Information beträgt

$$I_s^{(1)} = m \text{ ld } m \qquad \text{bit}$$

Wir teilen diesen Text in q "Wörter" zu je p "Buchstaben" ein, derart, daß $q > 1$ und $q \cdot p = m$.

Für das Erlernen der q Wörter benötigt man zunächst einen subjektiven Informationsbetrag von $I_1 = q \cdot p \cdot \mathrm{ld}\ p$ bit. Für das Zusammenfassen der Wörter in der gegebenen Reihenfolge zum Text kommt ein subjektiver Informationsbetrag $I_2 = q \cdot \mathrm{ld}\ q$ hinzu. Insgesamt wird also durch dieses Verfahren die subjektive Information dieses Textes zu

$$I_s^{(2)} = I_1 + I_2 = q \cdot p \cdot \mathrm{ld}\ p + q \cdot \mathrm{ld}\ q .$$

Für das Minimum dieser Funktion ergibt sich durch einfache Zwischenrechnung die Bedingung

$$\mathrm{ld}\ p = \mathrm{ld}\ m - \frac{p-1}{\ln 2}$$

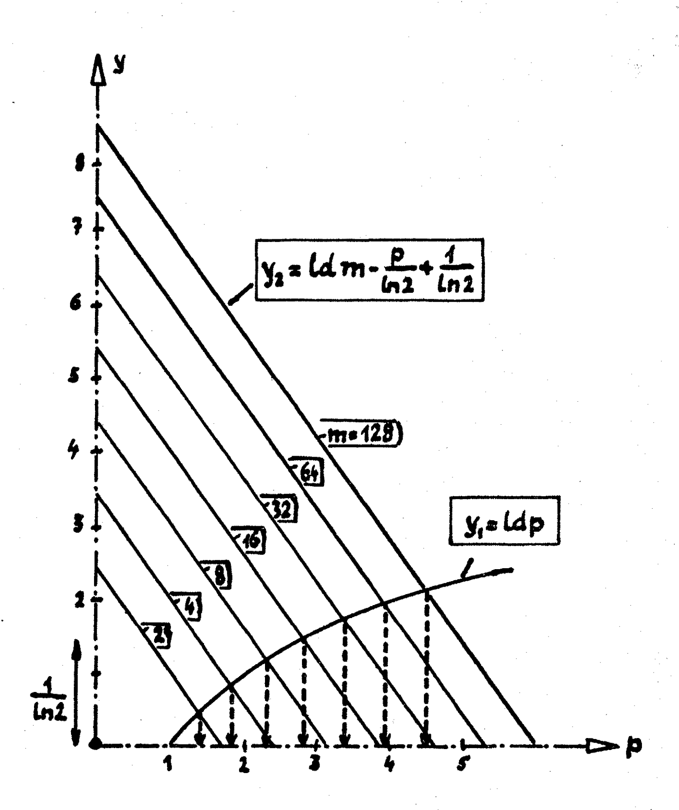
In der beigefügten Figur ist diese Bedingung für die Fälle m = 2, 4, 8, 16, 32, 64 und 128 graphisch dargestellt; daraus ergibt sich eine optimale Wortbildung aus beziehentlich p = 1, 2, 2, 3, 3, 4, 5 Buchstaben.

Beispiel: Die subjektive Information einer 8-stelligen Telefonnummer beträgt, wenn der Lernende beachtet, daß es sich nur um 8 Ziffern handelt

$$I_s^{(1)} = 24 \text{ bit}.$$

Sie wird durch Erlernen des Textes in Zweiergruppen auf $I_s^{(2)} = 16$ bit, durch Erlernen in Dreiergruppen auf $I_s^{(3)} = 16,25$ bit (hier mit $p_1 = 3$, $p_2 = 3$, $p_3 = 2$) und durch Erlernen in Vierergruppen auf $I_s^{(4)} = 18$ bit herabgesetzt. Tatsächlich ist also in Übereinstimmung mit den Anweisungen der Bundespost die Einteilung eines Textes in Zweiergruppen von "Buchstaben" optimal. Dies gilt auch für 4-stellige bis 1o-stellige Nummern.

Für das Erlernen des Alphabets ist nach dem dargelegten Verfahren eine Einteilung in Vierergruppen von Buchstaben am zweckmäßigsten - ein Ergebnis, das Pestalozzi in genialer Einsicht vorweggenommen hat:
"Im Schreiben war meine Methode: Sehr lange bei drei, vier Buchstaben ... stehen zu bleiben und Worte aus diesen zu formen und zusammenzusetzen, ehe sie einen anderen Buchstaben versuchen durften ..."


y
p
$y_2 = ld\, m - \frac{p}{ln2} + \frac{1}{ln2}$
$y_1 = ld\, p$
m = 128
64
32
16
8
4
2
$\frac{1}{ln2}$
1
2
3
4
5
6
7
8

L i t e r a t u r :

v. Cube, F.: Grundlagenstudien 5/6o, 196o d
Pestalozzi: Stanser Brief.

Eingegangen: 1o.2.1961

Elemente und Zeichen

Schematische Darstellung einiger Voraussetzungen wissenschaftlicher Ästhetik.

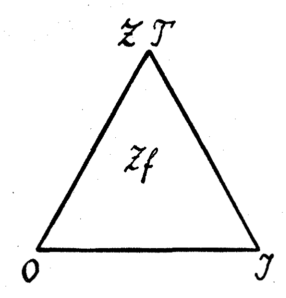
Von Max Bense , Stuttgart.

Moderne Ästhetik hat sich in drei Phasen entwickelt: als spezielle Zeichentheorie, als angewandte Statistik und als Zweig einer verallgemeinerten Informationstheorie. Man kann daher von semiotischer, statistischer und informationeller Ästhetik sprechen. Für die Sache grundlegend ist die Zeichenästhetik, für die Methode grundlegend ist die Statistik; in der Informationsästhetik kommen beide Gesichtspunkte zusammen. Historisch gesehen wurde die semiotische Ästhetik zuerst entwickelt. Sehen wir von Vorläufern in der allgemeinen Semiotik (etwa Arnauld, Leibniz, d'Alembert, Peirce u.a.) und in der spekulativen Ästhetik(etwa Eberhard, Hegel, Whitehead u.a.) ab, so liegen die für uns heute wichtigen Voraussetzungen in Ch.S. Morris's(1) "Esthetics and the Theory of Signs" (1939) vor. Im Folgenden handelt es sich darum, einige Grundlagen der neueren Ästhetik, soweit sie der Semiotik angehören, schematisch darzustellen und zu ergänzen.

Zunächst ist gerade für die ästhetische Theorie die Unterscheidung zwischen Element und Zeichen wichtig. Elemente haben im allgemeinen noch einen selbstständigen Sinn, Zeichen nicht. Elemente sind grundsätzlich materialer Natur, Zeichen fungieren jedoch nur fundamental. Elemente müssen mehrfach zur Verfügung stehen und mehrfach verwendbar sein, Zeichen nicht unbedingt. Einmaligkeit kann zum Prinzip eines Zeichens gehören, nicht aber zum Prinzip eines Elements. Weiterhin ist hervorzuheben, daß Zeichen stets in einem Kommunikationsprozeß (K-Prozeß) fungieren, Elemente jedoch wiederum nicht unbedingt, allerdings gehören diese stets einem physikalischen Prozeß (P-Prozeß) an. Falls ein K-Prozeß für Elemente existiert, kann er als Wahrnehmung im Sinne einer Beobachtung (B-Prozeß) aufgefaßt werden. Elemente fungieren in einem Verknüpfungsschema V (E, E', E'' ...), Zeichen in einem Kommunikationsschema K $(Ex \bullet Z' \cap Z'' \cap Z''' \ldots \bullet Per)$. ($\cap$ bezeichnet den Durchschnitt der Zeichenvorräte). (2)

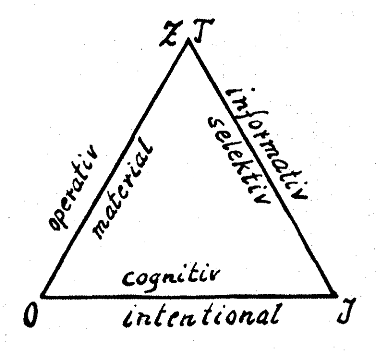
Vom Standpunkt des Zeichenbegriffs wie ihn Peirce und im Anschluß an ihn Morris konzipiert haben, kann man sagen, daß ein Zeichen nicht als "Gegenstand", sondern als "Funktion" zu verstehen ist. Ein Zeichen "ist" nicht, ein Zeichen "funktioniert". Funktionieren vollzieht sich stets im Schema materialer Relation. Materiale Relationen sind Träger der Funktionen. Die Zeichenfunktion setzt eine dreigliedrige materiale Relation voraus, deren Schema schon

von Peirce (3) im wesentlichen folgendermaßen bestimmt wurde:



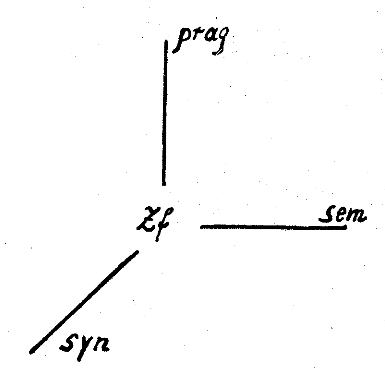
ZT bezeichnet den Zeichenträger, O das, was durch das Zeichen bezeichnet und vermittelt wird, I den Kommunikanten, d.h. den Geber oder Empfänger des Zeichens im Zeichenprozeß (Z-Prozeß) b.z.w. K-Prozeß. Zf bezeichnet die Zeichenfunktion als Ganzes.

Man macht sich leicht klar, daß die Teilrelation zwischen ZT und I die selektiven und informativen Momente, die Teilrelation zwischen I und O die cognitiven und intentionalen Momente und die Teilrelation zwischen O und ZT die operationellen und materialen Momente enthält.



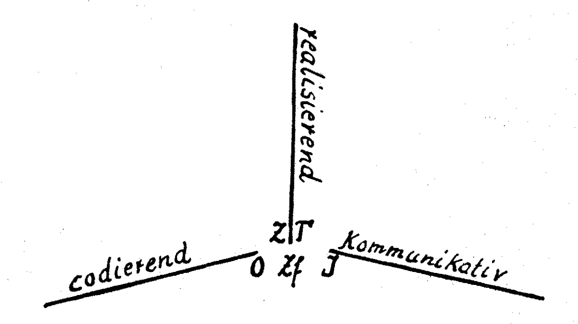
Die Manipulierbarkeit eines Zeichens kann sich in drei Dimensionen b.z.w. in drei Freiheitsgraden vollziehen, deren Schema man sich heute folgendermaßen

denkt:



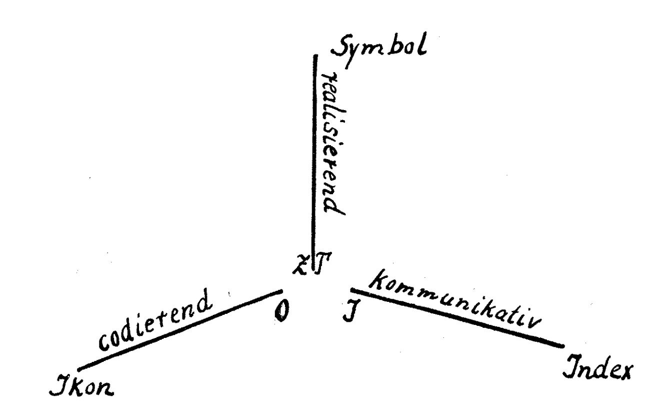
syn bezeichnet die syntaktische, sem die semantische, prag die pragmatische Dimension. In der syntaktischen Dimension verbindet sich ein Zeichen mit anderen Zeichen, in der semantischen Dimension bezeichnet das Zeichen b.z.w. bedeutet es etwas, in der pragmatischen Dimension bezeichnet es jemandem.

Ein weiteres Schema der Zeichenfunktion läßt sich gewinnen, wenn man Gesichtspunkte der Kommunikations- und Informationstheorie (4) berücksichtigt. Zeichen können dazu dienen, einen Sachverhalt zu "realisieren", zu "codieren" (b.z.w. zu "decodieren") und zu "kommunizieren" (b.z.w. zu "dekommunizieren").



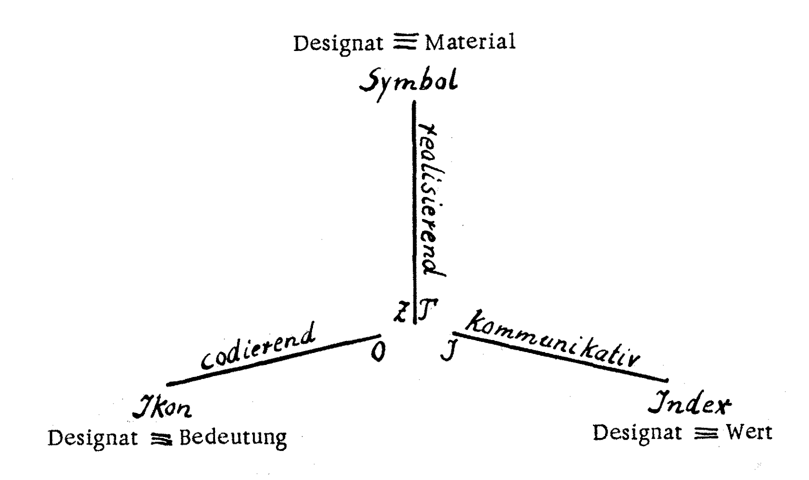
Das Schema macht offenbar, daß die realisierende Funktion sich vor allem am am Zeichenträger, die kommunikative Funktion sich vor allem am Kommunikanten und die codierende Funktion sich vor allem am Zeichenobjekt auswirkt. Man wird auch darauf aufmerksam machen müssen, daß in der realisierenden

Funktion vor allem selektive und materiale Momente, in der kommunikativen Funktion vor allem selektive und intentionale Momente und in der codierenden Funktion vor allem operationelle und intentionale Momente zusammentreffen. Nun geht auch die Auffassung des Zeichens als Symbol, Ikon oder Index auf Morris und Peirce zurück. Symbol meint das Zeichen als bloßes Zeichen; Ikon ist ein Zeichen, sofern es abbildenden Charakter besitzt, derart, daß es, wie Morris es ausgedrückt hat, eine Übereinstimmung mit dem zeigt, was es abbildet. Diese Übereinstimmung (Ähnlichkeit) kann struktural, aber auch material sein. Man kann daher, über Morris hinausgehend, von einem strukturalen und von einem materialen Ikon sprechen. Ein Porträt ist im allgemeinen ein strukturales Ikon, genau wie eine Landkarte. Der Pfiff einer Lokomotive kann in gewisser Hinsicht als ein noch materiales Ikon der Lokomotive aufgefaßt werden. Krankheitssymptome (Schmerzen) sind materiale Ikone, Index ist ein Zeichen, wenn es auf das, was vermittelt werden soll, nur hinweist, genauer also: eine Anweisung zur Vermittlung wie z.B. ein Wegweiser, die Angabe einer Seitenzahl u.s.f. Ein Wegweiser, der auf einen Wald hinweist, kann nun zugleich auch das kartographische Zeichen eines Kugelbaumes zeigen. Ein Index kann demnach also durchaus ikonisch sein. Im allgemeinen kennzeichnet das Symbol die realisierende Funktion und hebt die syntaktische Dimension hervor, kennzeichnet das Ikon die codierende Funktion in der semantischen Dimension und ist der Index typisch für die kommunikative Funktion und pragmatische Dimension eines Zeichens.



Es wird nun weiter der Unterschied gemacht zwischen dem, was das Zeichen bezeichnet (designiert) und dem, was es bedeutet (denotiert). Morris's Beispiel: ein akustisches Zeichen kann einen Pfiff designieren, aber der Pfiff muß nicht eine herannahende Lokomotive bedeuten.

Man muß nun, wieder über Morris hinausgehend, die Designata b.z.w. Denotata ebenfalls entsprechend den Zeichen klassifizieren. Dabei stellt sich heraus, daß dem Zeichen als Symbol ein Designatum entspricht, das fast nur als "Material" (des Zeichens) verständlich ist. Das Zeichen als Ikon hingegen designiert mindestens in den Fällen, in denen es sich um ein strukturales Ikon handelt, einen "Gegenstand" oder wie man auch sagen könnte eine "Bedeutung". Erst das Zeichen, das ein Index ist, designiert das, was Morris im Anschluß an Dewey (5) und Mead (6) als "Wert" bezeichnet hat. Man kann es auch so ausdrücken: die realisierende Funktion eines Zeichens reflektiert primär auf Material (Symbol), die codierende auf Bedeutung (Ikon) und die kommunikative auf Wert b.z.w. Sinn (Index). Schon diese subtilere Klassifikation läßt es nicht zu, die Auffassung Morris' zu teilen, daß der ästhetische Zeichenprozeß ein ikonischer ist (7) und daß die Designata der ästhetischen Zeichen Werte sind. Diese Formulierung ist zweifellos zu allgemein und zu grob.



Ein (ideales) Kunstwerk, aufgefaßt als Träger ästhetischer Zeichen, stellt gewiß ein Ganzes dar und als Ganzes einen ästhetischen Zeichenkomplex, der singulär ist. Ästhetische Zeichen tendieren im Gegensatz zu bloß elementaren Zeichen (Elementen) zweifellos auf Singularität. Sie erscheinen als solche nur einmal, können als solche nur einmal verwendet werden (im idealen Fall).

Von hier aus kann nun m.E. die ästhetische Realisation aufgeklärt werden. Wir führten eingangs das Zeichen als "unselbstständiges Sein" ein. Das bedeutete es, daß wir sagten: es "ist" nicht, sondern "funktioniert". Der Sinn des "Funktionierens" ist die ontologische Sättigung des Zeichens, seine Realisation macht es selbstständig. Die Designation gehört zur Realisation, insofern die Designata

das Zeichen abschließen, sättigen, verselbstständigen. Nur realisiertes Sein ist selbstständiges Sein. Diese ontologische Sättigung kann in der materialen Eigenwelt der Zeichen aber auch in der relationalen Außenwelt der Zeichen durchgeführt werden (in der semiotischen Phase und in der ontischen Phase). Es ist also ohne weiteres zu rechtfertigen, wenn man von einer gewissen Priorität der Realisationsfunktion im Zeichenprozeß spricht. Singuläre Zeichen b.z.w. Zeichenkomplexe wie es die ästhetischen Zeichen, die wir Kunstwerke nennen, darstellen, können als solche nicht codierbar sein. Die Priorität der Realisationsfunktion im ästhetischen Zeichenprozeß zeigt sich gerade darin, daß ästhetische Zeichen b.z.w. Zeichenkomplexe (ästhetische Botschaften) singulärer Natur sind. Codierbarkeit würde ihre Singularität verletzen, wenn nicht sogar aufheben. Dennoch kann man danach fragen, welcher kategorialer Zeichencharakter in der Singularität eines Kunstwerks designiert wird. Die Singularität kann offenbar symbolisch (material), ikonisch (semantisch, denotativ) oder indexmässig (axiologisch, kommunikativ) sein. Statistische Ermittlungen, wie sie von Fucks, Guiraud u.a. (8) durchgeführt wurden, erstrecken sich bei Texten primär auf die materiale Zeichensphäre der Symbole, d.h. der linguistischen Elemente. Abzählung der mit den sprachlichen Partikeln und Einheiten realisierten Ikon- und Indexzeichen würde es möglich machen, statistische Charakteristiken in die nicht-materialen Schichten eines ästhetischen Zeichenprozeßes hineinzutreiben. Allerdings müßten größere Proben vorausgesetzt werden. Auf diese Weise könnte die bisherige syntaktische Textästhetik (die durch die statistischen Charakteristiken Fucks's, Guirauds u.a. involviert wird) in eine semantische überführt werden.

Literatur

(1) Journal of Unified Science (Erkenntnis), VIII, 1939.
(2) vergl. Grundlagenstudien Nr. 5, 196o.
(3) Collected Papers of Charles S. Peirce, 1931 -35 (Harvard University) vergl. auch A.W. Burkes, Icon, Index and Symbol, Phil. and Phenom. Research, Vol. IX, Nr. 4, 1949.
(4) W. Meyer-Eppler, Grundlagen und Anwendung der Informationstheorie, 196o
(5) J. Dewey, The Quest of Certainty 1929.
(6) G.H. Mead, The Philosophy of the Act, 1938.
(7) L.N. Roberts, Art as Icon. Tulane Studies in Philosophy, IV, 1955.
(8) vergl. M. Bense, Programmierung des Schönen (Literaturverzeichnis), 196o.

Eingegangen: 9.2.1961

Zum Problem des vorbewußten Gedächtnisses.

Von Helmar Frank, Waiblingen.

1. Begriffliche Vorbemerkungen.

Unter einem Kanal wird eine Vorrichtung zur Übertragung einer Nachricht von einem Punkt der Raumzeit zu einem anderen verstanden. Wir sprechen von einem Raumkanal, wenn Eingabe und Ausgabe nahezu gleichzeitig erfolgen (Telefon), von einem Zeitkanal, wenn beide nahezu am selben Ort erfolgen (Denkmal), von einem Raumzeitkanal in jedem anderen Falle (Buch).

Sofern die Ausgabe eines nachrichtenverarbeitenden Systems eine eindeutige Funktion der Eingabe ist, dann ist diese Funktion bestimmt (1) durch die "logischen Schaltungen" des Systems, und (2) durch die Zufluß- und Fassungskapazitäten seiner Zeitkanäle (Speicher, Gedächtnisse) und die in diese eingelieferten Programme. Die Kapazitäten der Zeitkanäle können bei komplexerer Schaltung beliebig verkleinert, und das ganze System sogar durch einen "äquivalenten Zuordner" ohne Zeitkanal ersetzt werden, wenn dafür mehr Schaltungsaufwand getrieben wird. Die Grenzen zwischen Schaltungskomplexität und Zeitkanalkapazität sind daher fließend (Steinbuch, 1959, S. 174). Dies gilt aber nicht mehr oder nur noch in geringem Maße, sobald der zeitliche Verlauf der Ausgabe als Funktion der Eingabe und dessen zeitlichem Verlaufe vorgeschrieben sind. (Diese Funktion vermag ein äquivalenter Zuordner, also eine Realisation eines Systems von Aussagenverknüpfungen, nicht darzustellen, wohl aber eine Turing-Maschine durch Benützung ihrer Zeitkanäle.)

Die Kapazitäten von Zeitkanälen sind für die Informationspsychologie bedeutsam, sobald für die psychologisch relevante Informationsverarbeitung im Menschen ein Modell (als homöomorphe Abbildung der realen Befunde; vgl. Eichhorn, 1961) entwickelt werden soll. Denn psychologische Prozesse haben kennzeichnende zeitliche Verläufe. Neben dem objektiven Eingang des nachrichtenverarbeitenden Systems "Mensch", den Sinnesorganen, und seinem objektiven Ausgang, der Muskulatur, ist für die Psychologie noch ein subjektiver Ausgang (an welchem die Apperzeption stattfindet) und ein subjektiver Eingang (von welchem die Realisation ausgeht) wesentlich, will sie nicht auf das Erkenntnismittel der Introspektion verzichten.

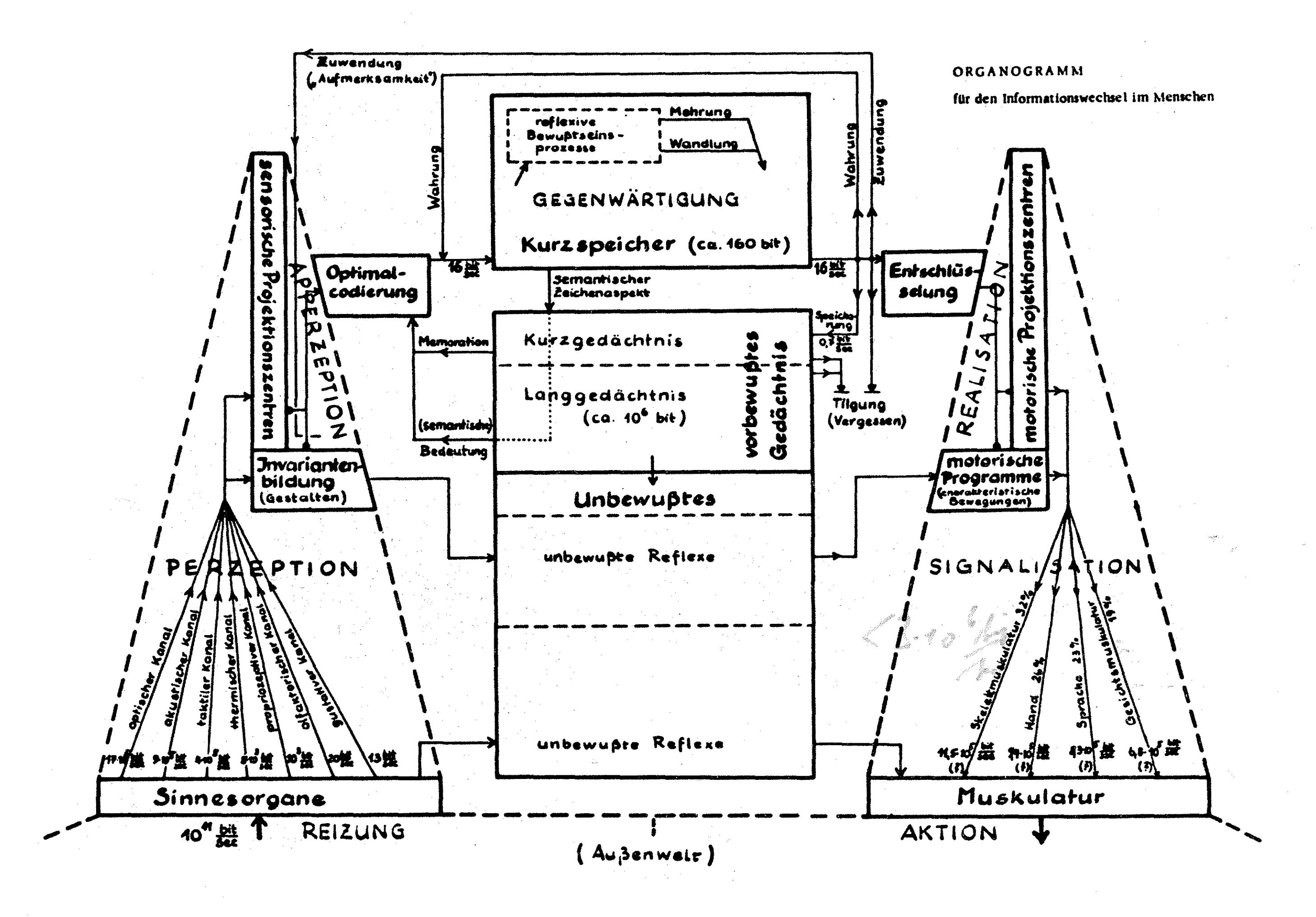
Nachrichtentechnische Modelle sind für das "heuristische Denken" (Eichhorn, 1961) der Informationspsychologie wichtig, weil sie aufgrund ihrer Anschaulichkeit und Gefügigkeit die Aufstellung von Hypothesen stark begünstigen. (Werden so gewonnene Hypothesen durch den Versuch widerlegt, dann muß das Modell geändert, zumindest ergänzt werden. Es wird also versucht, den Menschen durch eine Folge von Modellen in gewissem Sinne zu approximieren.) Außerdem bilden die Modelle einen Existenzbeweis für die physikalische Realisierbarkeit psychologischer Prozesse (Moles, 1958, § VII, 4 G) - falls nur der o b j e k t i v e Eingang und Ausgang berücksichtigt wird.

Als Modell eines nachrichtentechnischen Modells kann ein Organogramm (Flußdiagramm, Verlaufsschema) dienen. Die beigefügte Abbildung beschreibt das schrittweise verfeinerte Modell, an welchem der Verfasser seine informationspsychologischen Hypothesen gewann (1958 ff.). Deren empirische Bestätigungen rechtfertigen die Aufstellung der beiden noch nicht empirisch geprüften Hypothesen in § 2 und § 3, die ihrerseits wieder bei Betrachtung des Modells naheliegen.

Die Hypothesen betreffen die Zeitkanäle des Menschen. Wir heben (in Anlehnung an Steinbuch, 1961, S. 44) zwei Arten hervor:

(1) S p e i c h e r sind Zeitkanäle, welche in addressierte räumliche oder zeitliche (Magnettrommeln! Schieberregister!) Zellen unterteilt sind, so daß die Adressen, mittels derer die Zellinhalte beziehbar sind, ein erstes, die Zellinhalte selbst ein davon getrenntes, zweites Repertoire bilden. (Adressen und Speicherinhalte verhalten sich zueinander wie Metasprache und Objektsprache.)

(2) G e d ä c h t n i s s e sind Zeitkanäle, aus denen Informationen vermittels anderer, aber nicht unbedingt einem anderen Repertoire entstammender ("Schlüssel"-) Informationen bezogen ("zu ihnen assoziiert") werden können. Das menschliche Gedächtnis bildet das Paradigma. -



ORGANOGRAMM
für den Informationswechsel im Menschen
Zuwendung („Aufmerksamkeit")
reflexive Bewußtseins-prozesse
Mehrung
Wandlung
Wahrung
Wahrung
Zuwendung
GEGENWÄRTIGUNG
Kurzspeicher (ca. 160 bit)
16 bit/sec
16 bit/sec
sensorische Projektionszentren
APPERZEPTION
Optimal-codierung
Semantischer Zeichenaspekt
Entschlüsselung
REALISATION
motorische Projektionszentren
Speicherung
Memoration
Kurzgedächtnis
Langgedächtnis (ca. 10^6 bit)
vorbewußtes Gedächtnis
Tilgung (Vergessen)
(semantische) Bedeutung
Invariantenbildung (Gestalten)
motorische Programme (charakteristische Bewegungen)
Unbewußtes
unbewußte Reflexe
unbewußte Reflexe
PERZEPTION
SIGNALISATION
optischer Kanal
akustischer Kanal
taktiler Kanal
thermischer Kanal
propriozeptiver Kanal
olfaktorischer Kanal
gustatorischer Kanal
Skelettmuskulatur 32%
Hand 26%
Sprache 23%
Gesichtsmuskulatur 19%
Sinnesorgane
Muskulatur
10^11 bit/sec
REIZUNG
AKTION
(Außenwelt)

Ein nachrichtentechnisches Modell für die menschliche Informationsverarbeitung muß einen Speicher enthalten, welcher das "Bewußtsein" von (zeitlich geordneten, also adressierten) Informationen, also das Zwischenglied zwischen subjektivem Ausgang und subjektivem Eingang, darstellt. Wir nennen diesen Speicher "Kurzspeicher", seine Funktion "Gegenwärtigung". Er kann nachrichtentechnisch durch ein lineares Schieberregister mit einer konstanten Transportgeschwindigkeit von 16 bit/sec und einer Länge von 16o Binärpositionen verwirklicht werden, mit zusätzlichen Vorrichtungen zur Informationsverarbeitung ("reflexive Bewußtseinsprozesse").

In den Kurzspeicher gelangen nicht nur die apperzipierten Außenweltsignale, sondern auch Informationen, welche durch die letzteren (z. B. wegen der semantischen Funktion der wahrgenommenen Zeichen) aus einem Zeitkanal in den Kurzspeicher gerufen werden. Das dafür im Modell vorzusehende Gedächtnis nennen wir "vorbewußtes Gedächtnis". (Man beachte, daß wir diesen Terminus der Psychoanalyse hier neu definieren, indem wir ihn auf ein exakt definierbares Modell anstatt unmittelbar auf den Menschen beziehen.) Als nachrichtentechnische Realisierung des vorbewußten Gedächtnisses scheint Steinbuchs Lernmatrix geeignet zu sein.

Außer dem Kurzspeicher und dem vorbewußten Gedächtnis muß ein entwickelteres Modell für das nachrichtenverarbeitende System "Mensch" noch einen weiteren Zeitkanal enthalten, der (wiederum in Anlehnung an die Psychoanalsye, aber mit dem Bezug auf ein rationales Modell, also mit der Chance einer präzisen Definition) das "Unbewußte" genannt wird. Gegenüber dem vorbewußten Gedächtnis zeichnet es sich dadurch aus, daß seine Inhalte nicht ("absichtlich") durch Schlüsselinformationen des Kurzspeichers in diesen gerufen werden können, sondern eher durch stochastische Prozesse dorthin gelangen, und außerdem Programme für eine vom Kurzspeicher unabhängige Nachrichtenverarbeitung enthalten ("unbewußte Relfexe" - vgl. Steinbuch, 1961, Abb. 12).

2. Fassungskapazität K_V des vorbewußten Gedächtnisses.

Die Zuflußkapazität C_V zum vorbewußten Gedächtnis wurde in früheren Arbeiten (Frank, 1959, § 3.6; 196o S. 28) zu o,7 bit/sec bestimmt, was neuerdings v. Cube (196o) aufgrund anderer Experimente bestätigen konnte. Da die Bewahrungszeit für verschiedene Informationen verschieden ist, kann die Fassungskapazität K_V nicht in Analogie zur Fassungskapazität K_k des Kurzspeichers als Produkt aus Zuflußkapazität und Bewahrungszeit berechnet werden. Jedoch kann K_V dadurch nach oben abgeschätzt werden, daß eine größere Fassungskapazität sicher für das Modell überflüssig wäre, als zur Bewahrung jeder zugeflossenen Information "auf Lebenszeit" vorhanden sein müßte, nämlich ca. $1o^9$ bit.

Man wird mit Förster (1948, S. 2 und S. 1o) den Ansatz machen, daß von jeder im vorbewußten Gedächtnis bewahrten Informationsmenge in gleichen, kurzen Zeitintervallen derselbe Bruchteil "zerfällt" ("vergessen wird"). Dieser Ansatz folgt aus der naheliegendsten Annahme, daß das Vergessen ein stochastischer Prozeß ist. Die daraus hergeleitete Vergessensfunktion steht aber im Widerspruch mit der von Ebbinghaus gemessenen Vergessenskurve, welche nicht asymptotisch gegen Null zu gehen scheint. Wir machen mit Förster den Prozeß der Memoration (vgl. Abbildung) dafür verantwortlich, d.h. wir nehmen die Modellvorstellung zu Hilfe, daß aus dem vorbewußten Gedächtnis stammende, gegenwärtig werdende Informationen erneut die Chance der Einlieferung in dieses Gedächtnis haben. Statt des Försterschen Ansatzes

$$(1) \quad \frac{dI}{dt} = - c \cdot I$$

mit der bewahrten Information I und der Zerfallskonstanten c kommt man damit auf den Ansatz

$$(2) \quad \frac{dI}{dt} = - (c - m_i) \cdot I,$$

wobei m_i ein die Wichtigkeit der Information messender Memorationskoeffizient ist. (Förster nimmt für die Memoration eine andere Modellvorstellung zu Hilfe, doch führt die daraus hergeleitete Funktion zu einem Widerspruch, sobald man für I den Gesamtinhalt K_v des vollen Gedächtnisses setzt.) Interpretiert man Försters "Flüchtigkeiten" (a.a.O. S. 6) als Differenzen $c - m_i$, dann bleibt die Übereinstimmung der Theorie mit den Experimenten von Ebbinghaus im Mittel bei 2,8 %.

Um die Kapazität K_v zu bestimmen, wird man nun überlegen, daß bei vollem Gedächtnis Zufluß- und Vergessensgeschwindigkeit übereinstimmen müssen:

$$(3) \quad (c - m_i) \cdot K_v = C_v \; (= 0{,}7 \text{ bit/sec}).$$

Versucht man die Memoration weitmöglichst auszuschalten, dann kann c aus (2) durch das Experiment bestimmt werden, so daß K_v aus (3) errechenbar wird. Der Verfasser gelangte dabei auf eine Größenordnung von $K_v = 10^6$ bit. Darüber wird demnächst an anderer Stelle ausführlicher berichtet werden. -

3. Zum Lernprozeß

Aufgrund der Definition des vorbewußten Gedächtnisses wird man als wesentliches Merkmal des Lernens ansehen, daß eine bewahrte Information aufgrund von immer mehr Schlüsselinformationen vergegenwärtigt werden kann. Die Lernfunktion v. Cubes (196o) dürfte so zu verstehen sein, da sie die Einlieferung ei-

ner Kette aus Zeichen eines bereits im vorbewußten Gedächtnis befindlichen Repertoires quantitativ zu beschreiben sucht. (Inwieweit v. Cubes Ableitung mit unserem Modell vereinbar ist oder welches andere Modell ihr zugrundeliegt, müßte allerdings untersucht werden.)

Ein viel elementareres Problem ist die Frage, mit welcher Wahrscheinlichkeit nach wieviel Wiederholungen ein Zeichen überhaupt ins vorbewußte Gedächtnis gelangt. Die Verknüpfung mit Schlüsselinformationen interessiert dabei nicht: das Zeichen soll lediglich beim neuen Auftritt als bereits bekannt erscheinen und andererseits in den Kurzspeicher ohne Perzeption gelangen (also memoriert werden) können. Das letztere ist nach unserem Modell nicht aus den für die Optimalcodierung erforderlichen Zeitkanälen möglich, welche die Häufigkeits - verteilungen offensichtlich sehr viel schneller erlernen und vergessen müssen, als es der Funktionsgeschwindigkeit des vorbewußten Gedächtnisses entspricht.

Wenn jedes Zeichen innerhalb eines seiner Information proportionalen Zeitintervalls entweder vollständig oder überhaupt nicht ins Gedächtnis gelangt (was eine noch ziemlich grobe Modellvorstellung ist!), und die Wahrscheinlichkeit, daß es dort (erstmals oder wiederholt) eindringt, proportional zu seinem Beitrag zur Negentropie ist (eine Modellvorstellung, die aufgrund ähnlicher, empirisch schon bestätigter Vorhersagen - Frank, 1958; 196o, S.3o und S.85-96 - sehr naheliegt), dann ist die Wahrscheinlichkeit, daß das Zeichen Z als erstes während des Lernprozesses ins Gedächtnis gelangt

$$(4)\quad p = \frac{h \cdot \mathrm{ld}\ 1/h}{H}$$

wobei H die Negentropie der Zeichenfolge ist, innerhalb welcher das zu erlernende Zeichen Z mit der relativen Häufigkeit h auftritt. Die Wahrscheinlichkeit, daß mindestens n Zeichen vor Z gelernt (und evtl. sogar wiederholt gelernt) werden, ist demnach $(1 - p)^n$. Für jedes noch so kleine ε gilt dann

$$(5)\quad (1-p)^n \approx \varepsilon\ , \text{ falls}$$

$$(6)\quad n \approx \frac{\log\ \varepsilon}{\log\ (1-p)}$$

Man sieht, daß für festes ε und feste Negentropie H dasjenige Zeichen mit Wahrscheinlichkeit als erstes gelernt wird, für welches $h \cdot \mathrm{ld}\ 1/h$ am größten ist, vorhandenenfalls also das "maximalbetonte" Zeichen (Frank, 1958 und 1959, § 4.41) mit $h = 1/e$.

Die bedingten Wahrscheinlichkeiten p_i für das erstmalige oder wiederholte Eindringen der anderen Zeichen mit den Häufigkeiten h_i, wenn schon bekannt ist, daß Z noch nicht ins Gedächtnis gelangte, ist gemäß (4)

$$(7)\quad p_i = \frac{h_i \cdot \mathrm{ld}\ 1/h}{H^*} \qquad \text{mit } H^* = H - h\ \mathrm{ld}\ 1/h.$$

Für diese n Einlieferungsvorgänge ins Gedächtnis, von denen Z zufällig nicht betroffen wird, ist - im Mittel über viele Versuchspersonen - die Zeit

$$(8)\quad t = \frac{n}{m C_v} \sum p_i \cdot \mathrm{ld}\ 1/h_i$$

erforderlich. In dieser Zeit kommt die Information $C_k \cdot t$ zu Bewußtsein (C_k = 16 bit/sec ist die Zuflußkapazität des Kurzspeichers), in Form einer Zeichenkette der Länge N und der Negentropie H:

$$(9)\quad N\ H = t \cdot C_k$$

Daraus läßt sich N und damit $N \cdot h$, die Zahl der Wiederholungen des zu lernenden Zeichens Z, bis es mit der Wahrscheinlichkeit $1-\varepsilon$ im Gedächtnis aufgenommen ist, berechnen zu:

$$(1o)\quad N \cdot h \approx \frac{h}{H} \cdot \frac{C_k}{C_v} \cdot \frac{\log \varepsilon}{\log(1-p)} \cdot \sum \frac{h_i\,(\mathrm{ld}\ 1/h_i)^2}{H^*} \quad . \quad - - -$$

Die in diesem und dem letzten Paragraphen gemachten Hypothesen werden durch das vorausgesetzte Modell nahegelegt. Da sich dieses schon vielfach bewährt hatte, ist eine spätere empirische Bestätigung unserer Ansätze oder ihrer Konsequenzen zu vermuten. Ihre Widerlegung würde neue Information für die Ausgestaltung des Modells liefern und damit einen Schritt weiter in der Approximation des Menschen durch eine Modellfolge führen.

Schrifttumsverzeichnis.

V. Cube, F.: Zur Theorie des mechanischen Lernens. Grundlagenst. I, 196o, S. 143 f.

Eichhorn, G.: Zur Theorie der heuristischen Denkmethoden. Grundlagenstudien, II, 1, 1961

Förster, H.:	Das Gedächtnis. Wien, Deuticke, 1948
Frank, H.:	Sur un théorème de l'esthetique informationelle, Révue d'Esth. 11, 1958, p. 62 ff.
	Grundlagenprobleme der Informationsästhetik. Hess, Waibl. 1959.
	Arbeiten in Grundlagenstudien I, 196o.
Moles, A.A.:	Théorie de l'information et perception esthetique. Paris, 1958.
Steinbuch, K.:	Logische Verknüpfung. NTZ 12, 1959, S. 169 ff.
	Lernmatrix. Kybernetik 1, 1961, S. 36 ff.

Eingegangen: 14.2.1961

Zur Theorie der heuristischen Denkmethoden.

(unter besonderer Berücksichtigung des Denkens mit Maschinen)

Von Gerhard Eichhorn, Stuttgart

In Zusammenhang mit dem technischen Problem des maschinellen Denkens sind an verschiedenen Stellen Untersuchungen über heuristische Denkmethoden durchgeführt worden, die man als Ansätze zu einer neuen Wissenschaft betrachten kann (Gelernter und Rochester 1955; Newell, Shaw und Simon 1957, 1960 Gelernter 1960 . Diese Wissenschaft, für die hier der Name Pragmalogik vorgeschlagen wird, beschäftigt sich mit zweckmässigen Methoden zur Durchführung von Denkprozessen, unabhängig davon, ob Menschen oder Maschinen dabei beteiligt sind. In dieser Arbeit sollen die Problemstellung dieser Wissenschaft charakterisiert und ihre Methoden besprochen sowie ein theoretisches Gerüst gegeben werden, in das sich die bisherigen Einzelergebnisse einordnen lassen.

1) Problemstellung:

Die vorliegende Arbeit bezieht sich nur auf formalisierbares Denken; die Problemstellung ist also von diesem Standpunkt aus klarzulegen. Gegeben sei eine endliche oder unendliche Menge von Zeichen, für die im Hilbert'schen Sinne nur die Unterscheidbarkeit gefordert wird. Gegeben sei weiter eine Anzahl von Regeln, nach denen Zeichenkombinationen P_1, P_2 ... P_i, hier ganz allgemein Ausdrücke genannt, gebildet werden. Zwischen zwei Ausdrücken P_i und P_j - in dieser Reihenfolge - kann oder kann nicht eine Beziehung S_{ij} bestehen (die z. B., wenn die P_i logische Aussagen sind, bedeutet P_j ist aus P_i ableitbar, oder wenn die P_i Stellungen in einem Spiel darstellen, als mögliche Spielzüge zu deuten sind usw.). Die Gesamtheit der P_i und der S_{ij} soll als Denkfeld bezeichnet werden.

Ein Denkprodukt stellt dann eine lineare Anordnung von Ausdrücken P_1, P_2 ... P_i ... P_n dar, in der zwischen zwei benachbarten Ausdrücken jeweils die Beziehung $S_{i,\,i-1}$ besteht.

Wenn die P_i als Knotenpunkte und die S_{ij} als Kanten eines gerichteten Graphen gedeutet werden, erhält man eine mathematische Darstellung, die als Grundlage einer Theorie der heuristischen Denkmethoden besonders geeignet ist. (Figur 1)

Ein Denkprodukt stellt dann einen "Weg" in diesem gerichteten Graphen dar und die Problemstellung des formalisierbaren Denkens fordert im allgemeinen die Angabe eines Weges in einem Denkfeldgraphen G, der in einem bestimmten Teilgraphen G_1 beginnt und in einem Teilgraphen G_2 endet, wobei G_1 und G_2 natürlich aus einem Punkt bestehen können.

Ein mathematischer Beweis z.B. ist ein solcher Weg, der im Teilgraphen Axiomensystem beginnt und bei einem bestimmten Punkt P_n, der zu beweisenden Aussage, endet. Oder ein ganz anderes Beispiel: die P_i sind mögliche Stellungen in einem Spiel, die S_{ij} also zugelassene Spielzüge. Dann ist G_1 die Anfangsstellung, G_2 besteht aus den durch eine Bedingung charakterisierten Schlußstellungen z.B. den Mattstellungen beim Schachspiel.

Mit den Denkprodukten als solchen beschäftigen sich die Logik, die Mathematik und sonstige Wissenschaften. Die P r a g m a l o g i k dagegen beschäftigt sich mit den heuristischen Denkmethoden, d.h. mit der Frage nach der faktischen Herstellung von Denkprodukten. Man kann ihre Problemstellung so formulieren:

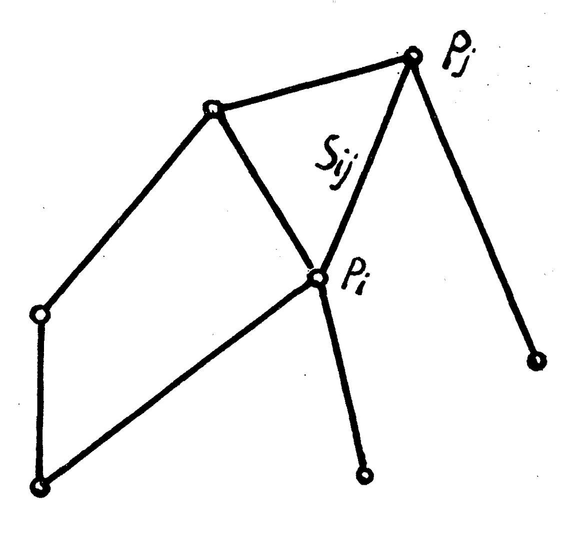
> Es sind allgemeine Methoden anzugeben, nach denen durch bestimmte Bedingungen gekennzeichnete Wege im gegebenen Denkfeldgraphen möglichst einfach und möglichst vollständig bestimmt werden können.

Die Pragmalogik ist also eine empirische Wissenschaft; falls es sich um menschliches Denken handelt, würde man ihrer Fragestellung als denkpsychologisch bezeichnen. Natürlich ist es p r i n z i p i e l l möglich, jeden gesuchten Weg durch Ausprobieren aller möglichen Kombinationen im Denkfeld zu gewinnen; es ist klar, daß das bei jedem einigermaßen interessanten Denkfeld p r a k t i s c h unmöglich ist.

2) Methoden:

Die Methoden der Pragmalogik sind, wie schon gesagt, empirischer Art. Als erstes ist die Introspektion zu nennen: man beobachtet sich selbst beim Denken und versucht, die aufgewandten heuristischen Methoden zu bestimmen. Natürlich lassen sich auch hier die Schwierigkeiten jeder Introspektionsmethode nicht vermeiden: einmal wird der Denkvorgang durch die Beobachtung gestört, zum anderen verläuft gerade das heuristische Denken weitgehend unbewußt. Dieselben Einwände gelten für die Fragebogenmethode, welche die Introspektionsmethode auf einen größeren Personenkreis ausdehnt. Die psychologische Methode der Verhaltensbeobachtung verspricht hier natürlich wenig Erfolg.

Dagegen steht heute für die Erforschung des heuristischen Denkens eine neue Forschungsmethode zur Verfügung, die Untersuchung idealer Gebilde. Solche idealen Gebilde stellen für die Pragmalogik die mit Maschinen durchgeführten Denkprozesse dar. Wenn man sich klar macht, wie wesentlich für die Entwicklung der exakten Wissenschaften die Einführung und Behandlung idealer Gebil-



Figur 1

de gewesen ist, erkennt man, daß die Pragmalogik als exakte Wissenschaft trotz der vorhandenen Ansätze (z.B. Polya 1954) erst am Anfang ihrer Entwicklung steht.

3) Ergebnisse:

Die neueren Untersuchungen auf diesem Gebiet sind mit dem technischen Ziel angestellt worden, möglichst wirkungsvolle Maschinenprogramme für Denkoperationen zu entwerfen, nicht mit dem wissenschaftlichen, die heuristischen Denkmethoden als solche zu untersuchen; ihre Ergebnisse sind deshalb unsystematisch und unvollständig. In diesem Abschnitt soll nur eine reine Aufzählung solcher Ergebnisse gegeben werden, die systematische Anordnung und theoretische Bearbeitung erfolgt im nächsten Abschnitt.

Kaum einer besonderen Erwähnung bedarf wohl die Methode der Wegkehrung: man geht vom Zielgraphen aus und sucht rückwärts einen Weg zum Ausgangsgraphen. Das ist eine allgemein übliche und nützliche Methode vor allem dann, wenn, wie bei einem mathematischem Beweis, der Zielgraph aus einem Punkt, dem zu beweisenden Satz, besteht.

In diesem Falle ist auch die Verwendung einer Zeichnung allgemein üblich; das ist ein Spezialfall einer wichtigen heuristischen Methode, der Verwendung eines Modells, die in vielen Fällen, in welchen im Denkfeld außerlogische Variablen vorkommen, sinnvoll und erfolgreich zur Auffindung und Beurteilung möglicher Lösungswege sein kann.

Diese beiden Methoden genügen schon, wie Gelernter (1958) gezeigt hat, einen Computer einfache geometrische Beweise finden zu lassen. Aber - um ein primitives aber charakteristisches Beispiel pragmalogischer Methodik zu geben - ein Beweis, für den eine Maschine 2o Minuten braucht, findet nach Versuchen des Verfassers ein mathematisch begabter Obertertianer in durchschnittlich zwei Minuten, ein unbegabter gar nicht. Das zeigt, wenn man noch das wesentlich schnellere Arbeiten der Maschine berücksichtigt, daß schon ein mathematisch begabter Schüler über wirkungsvollere heuristische Methoden verfügt als die beiden genannten. Wie schon erwähnt, hat dieses Beispiel noch keine wissenschaftliche Bedeutung, es soll nur den Weg zeigen, den die Pragmalogik nach Ansicht des Verfassers zu gehen hat.

Zwei weitere heuristische Methoden, die durch Introspektion gewonnen und schon mit Erfolg beim Denken mit Maschinen verwandt wurden, sind hier anzuführen: einmal die Methode des logischen Abstandes: man ordnet in geeigneter Weise jeweils zwei Ausdrücken einen "Abstand" zu und versucht, durch zugelassene Umformungen diesen Abstand zu verkleinern. Weiter die Methode des Planens: man legt erst einmal die Grundsatzlinien für die Lösung eines Problems fest und arbeitet dann die Einzelheiten aus.

Aus Untersuchungen des Verfassers folgt, daß, vor allem bei komplizierten Problemen, eine weitere heuristische Methode von derselben Bedeutung ist wie die bisher erwähnte: die Methode der Begriffsbildung: bestimmte Kombinationen, die immer wieder vorkommen, werden als neue Begriffe eingeführt und ihre Verknüpfungne erst einmal gesondert untersucht.

4) Theoretische Betrachtungen:

Die Darstellung des Denkfelds als gerichteten Graphen ermöglicht es, eine Theorie der heuristischen Denkmethoden unter Benutzung von Begriffen der Graphentheorie zu geben. Dabei genügen nach dem heutigen Stande zwei Operationen, die Bewertung eines Graphen und homöomorphe Abbildung (hA) eines Graphen.

Unter der Bewertung eines Graphen versteht man bekanntlich die Zuordnung je einer Zahl zu jedem Knotenpunkt (Punktbewertung) oder jeder Kante (Kantenbewertung) eines Graphens.

Die Kantenbewertung ist eine klassische heuristische Methode: Man hat eine "Vorstellung" davon, welcher Weg am meisten Erfolg verspricht und versucht den erst einmal.

An dieser Stelle ist die Frage aufzuwerfen: woher kommen die heuristischen Methoden? In unserem Falle ist das die Frage nach der Entstehung einer bestimmten Bewertung.

Man hat - und das ist einer der wesentlichen Gesichtspunkte für die Theorie der heuristischen Denkmethoden - zu unterscheiden zwischen dem Fall, daß heuristische Methoden von einem anderen System übernommen werden (Lehren bzw. Programmieren) und dem, daß die Methoden von dem betrachteten System selbst gewonnen werden (Lernen). Dementsprechend hat man zwei Möglichkeiten der Bewertung zu unterscheiden: die eingeprägte Bewertung (als Lehrergebnis) und die statistische Bewertung (als Lernergebnis). Zu erstgenannten sind keine weiteren Bemerkungen nötig, jeder Gebildete weiß, welche Fülle solcher Kantenbewertungen, d.h. zweckmäßiger Lösungswege, er seinem Studium verdankt.

Die statistische Bewertung entsteht durch Erfahrung. Das lernende System führt zu Beginn die Wegsuche entweder ganz systemlos oder mit anderen heuristischen Methoden aus. Auf Grund der Häufigkeit des Vorkommens in erfolgreichen (Wegen (erfolgreich bei bestimmten Problemgruppen) erhalten Wegstücke eine Bewertung, die für ihre Verwendung bei späteren Lösungsversuchen für ein anderes Problem derselben Gruppe maßgebend ist. Das Zustandekommen einer solchen Bewertung stellt einen typischen Lernvorgang dar, einen Vorgang also, bei dem das Verhalten eines Systems auf Grund von Erfahrungen geändert wird.

Auf eine Punktbewertung führt die obenerwähnte Methode des logischen Abstandes, die bedeutet, daß dem Denkfeldgraphen eine Metrik zugeordnet wird. Der einfachste, aber hier nicht sinnvolle Weg dazu wäre es, wenn jedem Punkt P_i eine Zahl n_i zugeordnet und die Differenz $n_i - n_j$ als "Abstand" der Punkte P_i und P_j eingeführt wird. Das ist einmal im allgemeinen gar nicht eindeutig möglich, nur wenn der Graph zyklenfrei ist oder die Bewertung die Kirchhoff'sche Bedingung erfüllt, zum anderen kennt man bei den meisten Denksystemen den Denkfeldgraphen gar nicht vollständig. Vor allem aber liefert eine solche "eindimensionale" Bewertung im allgemeinen keine heuristisch brauch-

bare Abstandsdefinition. Bei den interessierenden Denksystemen lassen sich die Punkte des Denkfeldgraphen nach mehreren Gesichtspunkten klassifizieren und ein heuristisch baruchbarer Abstandsbegriff wird in erster Linie dadurch festgelegt, nach welchen Klassifikationsmerkmalen sie sich unterscheiden. Wenn die Punkte P_i z.B. logische Aussagen sind, bilden solche Unterscheidungsmerkmale die Anzahl der logischen Variablen, die Häufigkeit ihres Vorkommens, die Art der vorkommenden Verknüpfung und ihre Reihenfolge.

Wie weit zwei Ausdrücke "auseinanderliegen", hängt in erster Linie davon ab, in welcher dieser Eigenschaften sie sich unterscheiden. Das führt zur Einführung einer mehrdimensionalen Bewertung, bei der jedem Punkt ein n - Tupel von Zahlen zugeordnet wird. Bei vielen Anwendungen werden sich diese Zahlen in der Größenordnung unterscheiden, eine Abweichung in der ersten rangiert vor allen Unterschieden usw. Die Methode der mehrdimensionalen Punktbewertung ist sehr flexibel und kann dementsprechend je nach Problemlage in verschiedenen Formen gelehrt bzw. gelernt werden.

Weitere heuristische Methoden lassen sich auf die homöomorphe Abbildung eines Graphen zurückführen. Man hat zu unterscheiden zwischen der hA des Denkgraphen auf Tatbestände außerhalb dieses Graphen - das liefert die Methode des Modells, wobei der Begriff Modell natürlich im weitesten Sinne zu verstehen ist - und der der hA des Denkgraphen auf sich selbst, d.h. auf einen Teilgraphen.

Zu dieser Operation gehört die Methode des Planes: dem Denkgraphen wird ein vereinfachter Graph, der Plangraph, zugeordnet, oft ist es möglich, im Plangraphen einen Lösungsweg zu finden. Damit ist das ursprüngliche Problem aber nicht gelöst, denn die Umkehrung der hA ist nicht eindeutig. Das Problem der Übertragung eines Lösungsweges in den ursprünglichen Graphen bietet Schwierigkeiten von derselben Größenordnung.

Noch eine weitere Art der hA eines Graphen ist von heuristischer Bedeutung, die Reduktion eines Graphen, wie sie hier in Anlehnung der Bezeichnung reduzierter Graph genannt werden sollte. Da diesre Begriff nicht als allgemein bekannt vorausgesetzt werden kann, müssen erst einige Definitionen gegeben werden.

Eine Kante $\overrightarrow{PQ}$ eines gerichteten Graphen heißt einfach, wenn der Graph die Kante $\overrightarrow{QP}$ nicht enthält, sonst zweifach. Das bedeutet z.B., wenn die Punkte Aussagen sind: P gilt dann und nur dann, wenn Q gilt, oder P ist notwendig und hinreichend für Q. Ein gerichteter Graph heißt Netz, wenn er für je zwei seiner Knotenpunkte P und Q sowohl die Kante $\overrightarrow{PQ}$ als auch die Kante $\overrightarrow{QP}$ enthält. Im logischen Denkfeldgraphen entspricht ein solches Netz einer Menge von äquivalenten Aussagen, von denen der Beweis für eine genügt, damit alle anderen als richtig nachgewiesen sind.

Die Reduktion eines Graphen nun bedeutet grob ausgedrückt die Zusammenziehung eines als Teilgraph auftretenden Netzes auf einen Punkt, oder korrekter ausgedrückt: unter der Reduktion eines Graphen G in Bezug auf ein darin enthaltenes Netz N versteht man folgende hA: P_i seien Punkte in G außerhalb N, Q_k seien Punkte in N. Jeder Punkt P_i wird sich selbst zugeordnet, ebenso jede Kante $P_i P_j$. Jedem Punkt Q_k wird derselbe Punkt B zugeordnet. Einer Kante P_iQ_k wird die Kante P_iB zugeordnet, einer Kante Q_kQ_1 die Nullkante BB.

Die so definierte Reduktion eines Graphen liefert die theoretische Grundlage für die heuristische Methode der Begriffsbildung; der Punkt B entspricht einem neu eingeführten Begriff. Gerade die Untersuchung komplizierterer Denkfelder beginnt vielfach mit dem Absuchen auf solche Reduktionsmäßigkeiten.

Bewertung	Kantenbewertung	eingeprägt oder statistisch Lehren Lernen
	Punktbewertung log. Abstand	
homöomorphe Abbildung	auf Tatbestand Modellmethode	
	auf Graph	auf vereinfachten Graph Planmethode
		auf reduzierten Graph Begriffsbildung

Schema der heuristischen Methoden

Es ist klar, daß in dieser Theorie der heuristischen Denkmethode der "ontologische Ort" des denkenden Systems keinen Platz hat. Man kann erwarten, daß Untersuchungen an denkenden Menschen und denkenden Maschinen sich gegenseitig unterstützen und zu einer neuen Wissenschaft zusammenwachsen.

L i t e r a t u r :

H.L. Gelernter und N. Rochester: Intelligent behavior in problem solving machines. IBM Journ. of Res. and Develop. 2, 4, 1958.

H.L. Gelernter: Realisation of a geometry theorem proving machine. ICIP Paris 1959. In: Information processing. München Oldenbourg, 196o.

A. Newell, J.C. Shaw und H.A. Simon: Report on a general problem - solving programm, ebenda.

A. Newell, J.C. Shaw und H.A. Simon: Empirical explorations of the Logic Theory Machine, Proceedings of the 1957 Western Joint Computer Conference, 1957.

G. Polya: Mathematics and Plausible Reasoning, Oxford 1954.

Eingegangen: 16.2.1961

Zur Mathematisierbarkeit des Ordnungsbegriffs.

von Helmar Frank, Waiblingen/Karlsruhe

§ 1. Problemstellung

In der Informationsästhetik Benses (1954/6o) spielt der Begriff der Ordnung eine wichtige Rolle. Ordnung wird dabei einem unwahrscheinlichen Zustand, also einem Zustand hoher Information, zugeschrieben. Die mathematische Ermittlung dieser Information stößt jedoch auf eigentümliche Schwierigkeiten.

Der folgende Beitrag versucht diese Schwierigkeiten durch systematische Entwicklung des Problems auf der Grundlage einer sehr allgemeinen Terminologie zu lösen. Das entscheidende logische Hilfsmittel ist die Einführung von "Perzeptoren", d.h. Systemen von Beobachtungsoperatoren, wie sie in besonders übersichtlicher Weise K. Steinbuch (1961) mit seinen Lernmatrizen realisierte. Das Problem der Ordnung erweist sich so nicht als rein-mathematisches Problem, sondern als Problem einer mathematisierten Wahrnehmungstheorie. Es steht dabei in unmittelbarem Zusammenhang mit dem Problem der Superierung (Bense, 196o, S. 124), speziell der Gestaltwahrnehmung. Es zeigt sich, daß tatsächlich in einem präzisen Sinne Ordnung durch hohe Information zu kennzeichnen ist. Damit ist ein neuer Ansatz gefunden, die nicht-psychologisierende Informationsästhetik Benses zusammenzuführen mit der auf die Experimentalpsychologie gegründete, dem Ordnungsbegriff ausweichende Informationsästhetik von Moles (1958), auf die auch der Verfasser (1959a, b) in wesentlichen Punkten aufbaut.

§ 2. Begriff der Klassifikation

2.1 Unterscheidbare Objekte.

Das beobachtete System nennen wir "Objektwelt", jedes beobachtende System "Perzeptor". Jeden Zustand der Objektwelt nennen wir Objekt. Die Zustände können sich stetig oder diskontinuierlich ändern. Wir beschränken uns auf Perzeptoren, die nur endlich viele Objekte unterscheiden können. (Wegen der Reizschwellen, Sättigungsgrenzen und Zuwachsschwellen ist der Mensch solch ein Perzeptor.) Es darf vorausgesetzt werden, daß nur endlich viele solche Perzeptoren existieren. Die Menge aller betrachteten Perzeptoren sei P. (Diese Menge ist für jede spezielle Aufgabenstellung passend zu definieren.) Zwei Objekte nennen wir unterscheidbar, wenn es einen Perzeptor aus P gibt, der sie zu unterscheiden vermag. Die (endliche!) Menge aller unterscheidbaren Objekte o_i sei O. P nennen wir auch den Idealperzeptor. Er kann alle Objekte aus O unterscheiden.

2.2 Perzeptionsereignisse

Der Idealperzeptor P verfügt über ein endliches System binärer Meßelemente e_i, von denen jedes auf ein (z.B. auch raum-zeitliches) Merkmal m_i der Objekte "anspricht", indem es die Anwesenheit des beobachteten Merkmals durch ein Signal 1, seine Abwesenheit durch ein Signal O codiert. (Die Voraussetzung binärer Meßelemente ist keine Einschränkung, da jede endliche Stufenzahl binär verschlüsselbar ist.) Die Menge der Meßelemente jedes Perzeptors ist eine (meist echte) Teilmenge der Menge der Meßelemente von P. Perzeptionsereignis nennen wir das (simultane) Ansprechen oder Nichtansprechen der Meßelemente e_i eines Perzeptors aus P auf ein Objekt aus O. Beispielsweise führt ein Objekt mit den Merkmalen m_4, m_2, m_1 aber ohne das Merkmal m_3 bei einem nur auf diese vier Merkmale ansprechenden Perzeptor zum Perzeptionsereignis 1o11. Jedes Perzeptionsereignis führt zur Codierung eines Objekts durch eine Binärkette. Sei $\hat{n}$ die Zahl der Meßelemente e_i von P, dann entspricht jedem o_j aus O genau eine Binärkette der Länge $\hat{n}$, und jeder solchen Binärkette höchstens ein o_j.

2.3 Beobachtungsoperatoren.

Eine konjunktive Verknüpfung aller $\hat{n}$ binären Meßelemente durch je einen ihrer beiden Ausgänge nennen wir mit Mooers (196o, S. 317) elementaren "Beobachtungsoperator" b_k. Falls z.B. $\hat{n} = 4$ ist, stellt $b_{11} = e_4 \bar{e}_3 e_2 e_1$ einen elementaren Beobachtungsoperator dar, der nur auf das Objekt mit den Merkmalen $m_4, \bar{m}_3, m_2, m_1$, also auf das ihm adäquate Perzeptionsereignis 1o11 anspricht. (Der Index k von b_k kann so gewählt werden, daß seine duale Darstellung mit der binären Beschreibung des Perzeptionsereignisses identisch ist.) Jeder elementare Beobachtungsoperator von P spricht auf höchstens eines der unterscheidbaren Objekte an. Der elementare Beobachtungsoperator b_k ist eine Realisation einer logistischen Funktion von n Aussagen, nämlich den Meldungen der e_i eines Perzeptors aus P. Da alle b_k disjunkt sind, hat jede Summe $B = b_i + b_k + \ldots\ldots + b_s$ bei einem beliebigen eintretenden Perzeptionsereignis den Wert 1 oder O. B nennen wir einen allgemeinen Beobachtungsoperator.

2.4 Klassifikation.

Jede Menge $K = (B_1, B_2, \ldots, B_k)$ von allgemeinen Beobachtungsoperatoren nennen wir eine Klassifikation in O. Die Menge G_j der o_i, für welche $B_j = 1$ ist, nennen wir die zu B_j adäquate Objektklasse. Entsprechend versteht man den Begriff der zu B_j adäquaten Klasse von Perzeptionsereignissen. Die Klassifikation K heißt "richtig", wenn die Summe ihrer Beobachtungsoperatoren für alle Objekte den Wert 1, und das

Produkt zweier verschiedener ihrer Beobachtungsoperatoren stets den Wert O hat. Die Zahl der zu G_j gehörigen o_i sei N_j. Der Quotient N_j/N (N = Zahl der o_i in O) heiße Häufigkeit h_j der Klasse G_j.

2.5 Zylindrische Klassifikation.

Ein allgemeiner Beobachtungsoperator B heißt zylindrisch, wenn er auf sämtliche (höchstens 2^m) Objekte aus O anspricht, welche $\hat{n}-m$ vorgeschriebene Merkmale haben. Z.B. sind zu $B = e_4 \bar{e}_3 e_2 e_1 + e_4 e_3 e_2 e_1$ die Perzeptionsereignisse 1o11 und 1111 adäquat. Die von ihnen gebildete Klasse schreiben wir (in Anlehnung an Mooers, 196o) 1 - 11 und nennen sie zylindrisch. Eine zylindrische Klassifikation ist eine richtige Klassifikation, deren Beobachtungsoperatoren zylindrisch oder elementar sind. Jeder vom Idealperzeptor verschiedene Perzeptor aus P geht von einer zylindrischen Klassifikation aus, indem er gewisse m_i unberücksichtigt läßt.

§ 3. Information und Trennschärfe der Klassifikation.

3.1 Information.

$I_j = \mathrm{ld}\, 1/h_j$ heiße die Information der Objektklasse G_j für das Perzeptorsystem (den idealen Perzeptor) P. - Man beachte, daß die von 1 verschiedene absolute Häufigkeit z.B. des Zeichens "A" darauf beruht, daß ein Zeichen gewöhnlich nicht ein Objekt (wie Benses "Zeichenträger"), sondern eine Objektklasse ist, wobei für die Zugehörigkeit zu dieser Klasse (dafür, daß ein bestimmter Zeichenträger ein bestimmtes Zeichen überträgt) Ort und Zeitpunkt des Zeichenauftritts weitgehend irrelevant sind. Darum schließt die gegebene Informationsdefinition die übliche ein.

3.2 Negentropie.

Unter der Negentropie H der richtigen Klassifikation K verstehen wir die durchschnittliche Information, welche die k Beobachtungsoperatoren von K liefern: $H = \sum h_j \,\mathrm{ld}\, 1/h_j$.

3.3 Postulate für die Trennschärfe T.

Gemäß dem natürlichen Empfinden ist O durch die richtige Klassifikation K desto "besser" unterteilt

a) je größer die Zahl k der Klassen G_j ist,

b) je weniger sich die G_j hinsichtlich ihrer Größe unterscheiden.

Auf diese beiden Bedingungen müßte sich ein Maß für die Trennschärfe der Klassifikation stützen. Bekanntlich genügt die Negentropie und jede monoton steigende Funktion von ihr den genannten Bedingungen. Es gibt jedoch auch noch weitere Funktionen. Wir können daher eine schärfere Forderung stellen: Die Trennschärfe T von K soll die Wahrscheinlichkeit dafür angeben, daß zwei beliebig herausgegriffene Objekte von O zu zwei verschiedenen durch K erzeugten Klassen gehören.

3.4 Bestimmung von T.

Es gibt 1/2 N(N - 1) Paare unterscheidbarer Objekte. Ferner gibt es $N_i(N - N_i)$ Paare durch K unterschiedener Objekte, wovon je ein Partner zu G_i gehört. $o_i o_j$ wird von $o_j o_i$ nicht unterschieden. Daher gibt es insgesamt

$$u = \frac{1}{2}(N^2 - \sum N_i^2) = \frac{1}{2} N^2 (1 - \sum h_i^2)$$

Paare durch K unterschiedener Objekte. Wären alle N_i gleichgroß, also $N_i = N/k$, dann wäre $h_i = 1/k$. Mit der "Häufigkeitsstreuung"

$$s^2 = \sum_{i=1}^{K} (1/k - h_i)^2 = 1/k - 2/k + \sum h_i^2 = \sum h_i^2 - 1/k$$

wird daher

$$u = \frac{1}{2} N^2 (1 - 1/k - s^2).$$

Nun ist T gleich dem Quotienten der Zahl u der Paare der durch K unterschiedenen durch die Zahl der Paare der unterscheidbaren Objekte, also

$$T = \frac{1 - 1/k - s^2}{1 - 1/N}$$

Man bestätigt, daß T ebenso wie H die beiden Postulate aus § 3.3 erfüllt. Daß zwischen T und H kein monotoner Funktionszusammenhang besteht, zeigt die folgende Tabelle ($N \gg 1$):

Klassifikation	N_1	N_2	N_3	N_4	N_5	T	H
K_1	1/2 N	1/4 N	1/4 N	o	o	o, 625o	1, 5o
K_2	1/6 N	5/12N	5/12N	o	o		1,49
K_3	1/8 N	1/8 N	1/8 N	1/8 N	1/2 N	o, 6875	2.oo
K_4	1/4 N	1/4 N	1/4 N	1/4 N	o	o, 75oo	

§ 4. Moleküle aus Steinbuchschen Lernmatrizen.

4.1 Perzeptive LM.

Als Realisierung eines Perzeptors in dem in § 2 genannten Sinne kann die von K. Steinbuch (1961) beschriebene Lernmatrix (LM) in ihrer Kann-Phase gelten. Es mö-

ge P eine einzige Lernmatrix mit n binären Meßelementen ("Eigenschaftseingängen") enthalten. Die höchstens 2^n sogenannten "Bedeutungsausgänge" stellen elementare Beobachtungsoperatoren im obengenannten Sinne dar; jeder davon leitet genau dann einen Impuls ab, wenn ein ihm adäquates (so eingelerntes) Perzeptionsereignis eintritt. Die Lernmatrix erlaubt eine für das folgende ausschlaggebende Anwendung. Ein durch einen "Bedeutungsausgang" realisierter Beobachtungsoperator kann nämlich sowohl auf ein Merkmal m_i als auf dessen Gegenteil $\bar{m}_i$ ansprechen, d.h. von der Aussage des Elements e_i unabhängig, also zylindrisch sein.

4.2 Codierende LM.

Die LMs können entweder wie eben beschrieben perzeptiv oder, im Umkehrbetrieb, codierend arbeiten, indem sie "Bedeutungen" b_j aus einem gewissen Repertoire in eine Kette von n binären "Eigenschaften" e_i verschlüsseln.

4.3 LM-Typen.

Wir nennen eine LM mit disjunkten, nicht-zylindrischen Bedeutungsausgängen "normal" oder "vom Typ n" wenn es 2^n solcher Ausgänge gibt, "gestreckt", oder "vom Typ g" wenn nicht alle 2^n verschiedenen elementaren Beobachtungsoperatoren realisiert sind. Eine LM, die mehr als einer "Bedeutung" dieselbe Eigenschaftskette zuordnet, nennen wir "überhöht" (Typ ü). LMs mit einem zylindrischen Operator nennen wir zylindrisch (Typ z). Die Typen n und z funktionieren als Perzeptoren eindeutig, die Typen n, g und ü als Codierer. (vgl. Abb. 1 und 2)

4.4 LM-Dipole.

Für die im folgenden durchgeführten Überlegungen ist statt der von Steinbuch (1961, S. 42) beschriebenen Matrizenverknüpfung durch Schichtung eine "Dipolschaltung" geeigneter. Diese entsteht, wenn ein Perzeptor und ein Codierer entweder mit den Bedeutungsanschlüssen (objektiver LM-Dipol), oder mit den Eigenschaftsanschlüssen (subjektiver LM-Dipol) verbunden werden.

§ 5. Der objektive LM-Dipol als Zuordner.

5.1 Behauptung.

Jede aus endlich vielen Schritten bestehende Aktion, die als Folge einer Information eindeutig definierbar ist, kann durch einen "äquivalenten Zuordner" (Steinbuch, 1959) geleistet werden. Wir nehmen an, Aufgabe und Ausführung (letztere als Steuersignale) seien je durch eine Binärkette beschränkter Länge gegeben bzw. zu geben. Dann kann jeder äquivalente Zuordner durch einen objektiven LM-Dipol realisiert werden.

5.2 Beweis.

Soll die Zuordnung zwischen Ein- und Ausgabe umkehrbar eindeutig sein, dann genügt es, die als Eingabe vorkommenden Binärketten zu numerieren und durch einen Perzeptor diese Nummern als "Bedeutungen" der Binärketten lernen zu lassen. Ein Codierer braucht dann nur noch dieselben Nummern in die zuzuordnende Binärkette zu verschlüsseln. Genau dasselbe Verfahren führt zum Ziel, falls verschiedene Eingabeketten zur selben Ausgabe führen sollen. Dann muß nur der Codierer statt vom Typ n oder g vom Typ ü oder üg (sowohl überhöht als gestreckt) sein. Der Perzeptor ist in beiden Fällen vom Typ n oder g.

§ 6. Klassifikation durch LM-Perzeptoren.

6.1 Zylindrischer Fall.

Jede zylindrische Klassifikation kann durch eine zylindrische LM geleistet werden. Dazu genügt es, die zylindrischen Beobachtungsoperatoren der Klassifikation wie am Schluß von 4.1 angegeben zu realisieren.

6.2 Transformation darauf.

Zu jeder Klassifikation K, welche bezüglich des Repertoires elementarer Eigenschaften e_i nicht zylindrisch ist, existiert ein objektiver LM-Dipol welcher das Eigenschaftsrepertoire eindeutig auf ein Repertoire abgeleiteter Eigenschaften e_i' abbildet, so daß K bezüglich der e_i' zylindrisch ist. Der Perzeptor, welcher K leistet, besteht dann aus einer Hintereinanderschaltung eines LM-Dipols, welcher die zu klassifizierenden Perzeptionsereignisse umcodiert, und einer die Klassifikation K leistenden zylindrischen LM. (vgl. ABD in Abb. 2)
Beweis. Wir konstruieren einen sogenannten "vollkommenen" Huffmanbaum (Frank, 1959 a, § 2.4) mit mindestens $\sum 2^{[\mathrm{ld}\ N_j]}$ Zweigspitzen. Deren Niveau muß, was für das weitere unwesentlich ist und daher hier nicht bewiesen wird, höchstens (ld N) + 1 sein. Wir reservieren die ersten $2^{[\mathrm{ld}\ N_1]}$ Zweigspitzen für die Codierung der Elemente aus G_1, die nächsten $2^{[\mathrm{ld}\ N_2]}$ Zweigspitzen für G_2 usf. Diese Codierung realisieren wir durch einen objektiven LM-Dipol, was nach 2.2 und 5.1 möglich ist. Die Codierung jedes Elements der Klasse G_j beginnt dann mit derselben Binärkette. Diese kennzeichnet den Verzweigungspunkt, von dem man zu den repräsentierenden Zweigspitzen sämtlicher Objekte aus G_j aber keiner anderen Klasse gelangt. Die letzten $[\mathrm{ld}\ N_j]$ Positionen im Code der Elemente von G_j dienen zur Unterscheidung dieser Elemente voneinander. Soll die Klasse selbst bezeichnet werden, dann sind in diese Positionen Striche einzutragen. D.h. die Klassifikation ist auf eine zylindrische Klassifikation transformiert, welche nach 6.1 durch eine hinter den Dipol geschaltete zylindrische LM geleistet werden kann.

6.3 Andere Möglichkeit.

Man erreicht dasselbe, wenn man durch einen objektiven LM-Dipol allen zur selben Klasse gehörenden o_i dieselbe Binärkette zuordnet. Zur Realisierung der Klassifikation genügt es dann, diese Binärketten einem LM-Perzeptor vom Typ n oder g zuzuleiten. (vgl. ABC in Abb. 2)

§ 7, Simulierung der Gestaltwahrnehmung.

7.1 Invariantenbildung.

Die Wahrnehmung einer Invarianten (einer "Gestalt"), also ein gewisser Superierungsprozeß, kann durch eine klassifizierende LM-Kette (§6) simuliert werden. Diese braucht nur allen endlich vielen Objekten aus O, denen dieselbe Invariante gemein ist, denselben Bedeutungsausgang, der dann eben diese Invariante repräsentiert, zuzuordnen. Die Invariantenbildung wird also auf eine Klassifikation reduziert. Die Invariante selbst ist die logische Funktion, welche in der Realisierung durch eine LM-Kette den Elementen der Klasse denselben Bedeutungsausgang zuordnet. Die Funktion kann anhand der nach dem Verfahren von § 6 konstruierten LM-Kette leicht aufgestellt und nach den bekannten logistischen Umformungsregeln vereinfacht werden. (Abb. 2)

7.2 Fundamentalsatz.

Da eine LM-Kette jede beliebige Klassifikation leistet und aus einer (6.1) bzw. drei (6.2 und 6.3) LM besteht, deren Funktion durch aussagenlogische Funktionen beschreibbar ist, hat nach 7.1 jede Klasse von Objekten eine sie kennzeichnende Invariante.

7.3 Informationsästhetische Konsequenz

Jede beliebige, z.B. auch stochastisch erzeugte Tonfolge genügend großer, endlicher Länge besitzt ein "Thema" und besteht aus einer endlichen Folge von Variationen dieses Themas (der Invarianten dieser Variationen). Man zerlege nämlich die Tonfolge in aufeinanderfolgende Teilfolgen TF. Jede dieser Teilfolgen ist eindeutig durch eine Folge binärer Eigenschaften e_i zu kennzeichnen, also einem elementaren Beobachtungsoperator (§ 2.2) adäquat. Die erzeugten TF fassen wir zu einer Klasse B einer sonst beliebig wählbaren Klassifikation zusammen. Diese Klassifikation leistet nach dem eben Gesagten eine LM-Kette. Die logische Funktion $B(e_1, e_2, \ldots, e_n)$ ist gerade die gesuchte Invariante. - Analoges gilt für Texte, Mime-Stücke und Werke anderer Kunstgattungen. Daß nicht eine Menge irgendwelcher Zeichen vom Menschen als Variationen desselben Superzeichens empfunden wird, bedeutet,

daß nicht alle logisch möglichen Klassifikationen sondern nur ein kleiner Teil davon durch die Schaltungssysteme des Gehirns von vorneherein vorgesehen sind (aber andere vielleicht erlernt werden können). Was also als "Gestalt" empfunden wird, ist nicht logisch-mathematisch sondern nur physiologisch oder psychologisch entscheidbar.

§ 8. Ordnung und Unordnung.

8.1 Beispiel für den umgangssprachlichen Wortsinn.

Eine Reihenfolge von Skatkarten, die als Resultat genügender Mischung für möglich gehalten wird, nennt man Unordnung. Eine Anordnung der Karten nach Farben, wobei die Anordnung innerhalb eines Kartenstoßes gleicher Farbe nach fallendem Wert erfolgt, wird als Ordnung bezeichnet. Ein anderes Beispiel ist die zweidimensionale Verteilung von schwarzen oder weißen Flächenelementen, die als Ordnung bezeichnet wird, wenn sie z.B. zur Klasse der Darstellungen eines Gesichts gehört.

8.2 Systematische Deutung.

Tatsächlich hat aber jede bestimmte Kartenfolge dieselbe Wahrscheinlichkeit des zufälligen Entstehens, nämlich $\frac{1}{32!}$. Es gibt aber nur 4! Kartenfolgen, welche die erwähnte Ordnung darstellen (bei der ja nicht festgelegt wurde, in welcher Reihenfolge die 4 Kartenstöße gleicher Farbe aufeinanderzulegen sind!). Diese Ordnung besteht also in der Zugehörigkeit der Anordnung zu einer bestimmten Klasse von Anordnungen, die in unserem Falle 4! = 24 Elemente enthält. Der Mensch unterscheidet, wie in 7.3 gezeigt wurde, nur wenige solcher Klassen. Sie sind sehr klein, also ist auch die Wahrscheinlichkeit, daß eine zufällig entstandene Folge in eine dieser Klassen fällt, sehr klein. (Sie liegt, wie man mittels der Stirlingschen Formel bestätigt, mehrere Zehnerpotenzen unter 1.) Die überwältigende Mehrheit aller möglichen Folgen gehört zur "Restklasse". Die Trennschärfe (§ 3.3) der (psychologisch, nicht logisch bedingten!) Klassifikation des Menschen ist also außerordentlich schlecht. Darauf beruht das ausgezeichnete Unterscheidungsvermögen zwischen Ordnung (in eine der unterschiedenen Klassen fallende Anordnung) und Unordnung (in die Restklasse fallende Verteilung). Was aber in die große Restklasse fällt und daher als Unordnung empfunden wird, fällt in die Klasse sehr geringer Information (3.1). Bense hat daher recht, wenn er wiederholt darauf hinweist, daß Ordnung auf hoher Information beruht, nur muß dabei an Zweierlei gedacht werden: (1) nicht die Information der speziellen Anordnung sondern jene der (kleinen) Klasse von Anordnungen, zu welcher die vorliegende gezählt wird, ist gemeint; und (2): die Klassifikation selbst, also letztenendes der Unterschied zwischen Ordnung und Unordnung, ist nach § 7 nicht auf rein mathematische und logische Kategorien zurückzuführen.

8.3 Dispersion.

Da die psychologisch verfügbaren Klassen außerordentlich klein, also informationsreich sind, haben sie vielfach sehr große Hamming-Distanz. Darauf beruht das Gefühl für eine "etwas gestörte Ordnung". Benses Begriff der Dispersion kann also exakt definiert werden durch die Hamming-Distanz des perzipierten Objekts von der nächstgelegenen Objektklasse, die als Ordnung empfunden wird.

Schrifttumsverzeichnis

Bense, Max: Aesthetica I (1954), II (1956), III (1958), IV (196o) Deutsche Verlags-Anstalt Stuttgart und Agis-Verlag Baden-Baden.

Frank, Helmar: Grundlagenprobleme der Informationsästhetik und erste Anwendung auf die mime pure. (Diss.) Hess, Waiblingen, 1959 a.

Théorie informationelle de la réalisation et perception dans l'art du mime. Cahiers d'Etudes de Radio-Télévision 24, 1959 b.

Moles, A.A.: Théorie de l'information et perception esthétique. Flammarion, Paris 1958.

Mooers, C.N.: Some mathematical fondamentals of the use of symbols in information retrieval in Inf. Processing Oldenbourg, München 1961, S. 315-325

Steinbuch, K.: Die logische Verknüpfung als Einheit der Nachrichtenverarbeitung. Nachrichtentechnische Zeitschrift 12, 4, 1959

Die Lernmatrix. Kybernetik 1, 1, 196o

Eingegangen: am 3o.5.1961

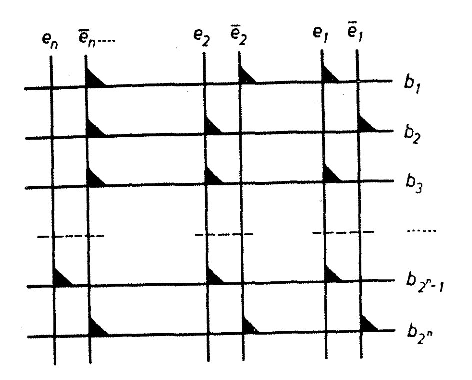


Abb. 1 „Normale" Lernmatrix (Typ n)

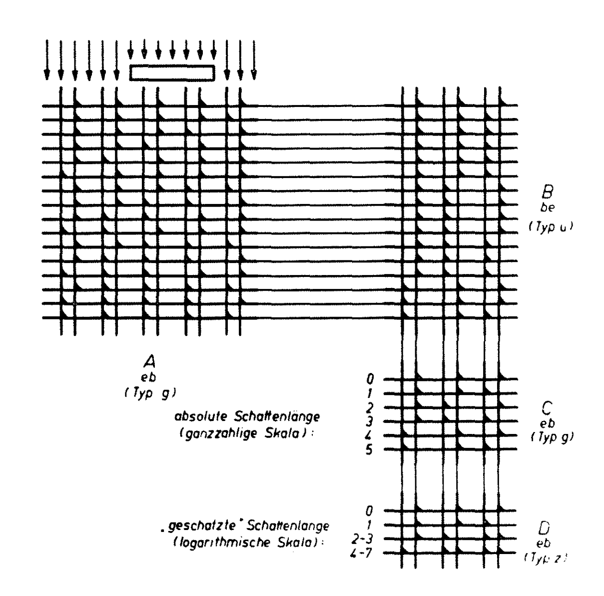


Abb. 2 Superierung (Invariantenbildung und Klassifikation) durch eine Matrizenkette

Neuere kosmologische Ästhetik.

von Max Bense, Stuttgart

Als wesentliches Moment der Entwicklung der nachhegelschen Ästhetik haben wir früher (1) schon den Übergang von einer gegenständlich-ontologisch orientierten Auffassung vom Schönen und der Kunst zu einer funktional-semantischen Theorie hervorgehoben. In diesen Übergang ist auch der von ästhetischer "Essenz" (Hegels "Ideal") (2) zu ästhetischen "Zeichen" eingeschlossen (Morris "Ikon") (3). Im Sinne dieser Differenz sprachen wir gelegentlich auch von seinsthematischer und zeichenthematischer Ästhetik oder auch einfach von Seinsästhetik und Zeichenästhetik und jene stellt natürlich eine vor allem metaphysische Konzeption dar, während diese bereits technologisch gerichtet ist (wenn man ihren z. B. bei Morris vorhandenen Wertbegriff ausschließlich pragmatistisch und behavioristisch faßt). Die nachmorrissche Herausbildung der Statistischen Ästhetik, wie sie als Zeichen- und Informationsästhetik vor allem von Bense, Frank und Moles (4) geschaffen wurde, ist vorwiegend technologische Ästhetik, sofern dieser Begriff zugleich theoretische, konstruktive und experimentelle Absichten zusammenfaßt.

Doch ist die reine Zeichenästhetik, wie sie Morris aufgebaut hat, nicht der einzige Ausgangspunkt der neueren statistischen Informationsästhetik. Vielmehr gehört in die Vorgeschichte dieser sehr komplexen Theorie eine Klasse von Überlegungen, die bei verschiedenen Autoren zwischen Nietzsche und Whitehead einerseits und zwischen Boltzmann und N. Wiener andererseits anzutreffen sind und die zwar nicht unmittelbar ästhetischen Problemen gewidmet sind, aber ihre Lösung beeinflußt haben. Es handelt sich einerseits um physikalische (thermodynamische) Überlegungen, die aber so verallgemeinert sind, daß sie auch nichtphysikalische Zustände bzw. Vorgänge betreffen und andererseits um metaphysische Einstellungen, die so stark methodologisch eingeschränkt sind, daß sie in wahrnehmungstheoretisch und kosmologisch aufweisbare Sachverhalte übersetzbar sind. Die Klasse von Überlegungen, auf die ich verweise, fasse ich durch den Ausdruck Kosmologische Ästhetik zusammen. Die Kosmologische Ästhetik kann als eine zweite Quelle der statistischen Informationsästhetik angesehen werden, insofern diese verallgemeinerte thermodynamische Vorstellungen wie Entropie u. a. enthält. Natürlich reichen kosmologische Motive in ästhetischen und kunsttheoretischen Vorstellungen weit vor die hier angeführten Autoren zurück. Es sind Spuren in der Barockphilosophie, in der Renaissancephilosophie, im Neuplatonismus und natürlich bei Platon anzutreffen, allerdings fast nur in spekulativer, nicht exakter, in metaphysischer, nicht in physikalischer, in beiläufig intuitiver, nicht in zentraler methodischer Formulierung.

Im übrigen möchte ich nach Nietzsche, dessen Beziehungen zur zeitgenössischen Kosmologie Alwin Mittasch (5) ausführlich dargestellt und beurteilt hat, zunächst auf den ziemlich unbekannten Paul Mongré und sein Buch "Das Chaos in kosmischer Auslese", das 1898 im Verlag C. G. Naumann in Leipzig, also im Verlag Nietzsches, erschien. Mongrés Gedankengänge sind zugleich an der Mathematik und an Lotze und Nietzsche orientiert. Wichtig ist seine antimetaphysische Einstellung, die er jedoch streng durch einen transzendenten Idealismus, der an den exakten Wissenschaften herangebildet wird, untermauert. Ausgangspunkt der Überlegungen ist die scharfe Trennung "zwischen der empirischen (unser Bewußtsein erfüllenden) und der transzendenten (von unserem Bewußtsein unabhängigen) Realität" (p.2). "Wir werden die völlige Diversität beider Welten und die Unhaltbarkeit jedes Schlusses von empirischen Folgen auf transzendente Gründe (im weitesten Sinne) zu zeigen haben" (p.4). Es erscheint dann eine Art von Mongrésches Komplementaritätsprinzip, das sich mit seinen Worten etwa so formulieren läßt, daß man sagt, es ist transzendent denkbar, was empirisch unwahrnehmbar und objektiv zulässig, was subjektiv unzugänglich (p.2o). "Die empirische Realität regelt das Was und Wie, die transzendente nur noch das Ob" (p.5o). Das ästhetische Problem wird dann folgendermaßen kosmologisch eingeführt: "Die existentia potentialis verewigt unparteiisch alle Fragmente des Werdens, ohne Rücksicht, ob die Welt sich empirisch wie ein sinnvoller Text oder wie ein blosses Buchstabengewimmel liest... Man denke jede geordnete Reihe in sinnlose Bruchstücke zersplittert und diese Bruchstücke, ohne Zusammenhang mit einander, in die adiabatische Hülle starren Fürsichseins eingeschlossen... die transzendente Welt erscheint, mit immanentem Maße gemessen, als unsinnigste, unerträglichste, vernunftloseste aller Weltformen..."(p.5o/51). Neben das Mongrésche Komplementaritätsprinzip tritt dann ein von ihm so bezeichnetes "Princip der indirekten Auslese", danach "aus dem Durcheinander von Chaos und Kosmos... vermöge seiner Beziehung zu unserem Bewußtsein, nur das Kosmische in unseren Gesichtskreis" tritt (p.126); denn "wir ... registrieren nur die Gesetzmäßigkeiten unserer empirischen Welt und registrieren nie die Abweichungen davon, die der transzendente Weltverlauf thatsächlich aufweist" (p.13o). "Die zwischengeschaltete Selectionsvorrichtung heißt Bewußtsein:..." (p.133). "Es sind... in das eine Chaos unendlich viele κόσμοι eingesponnen und die Inhaber des einen Kosmos dürfen sich nicht darüber wundern, nicht vielmehr Inhaber eines anderen zu sein" (p.138). Schließlich erscheint der Satz, der geradezu als eine Definition der Kosmologischen Ästhetik angesehen werden kann, auch wenn sie sich auf den Begriff der "kosmischen Structur unserer empirischen Welt" bezieht: "Hierunter will ich ... alles verstehen, was von ordnenden, beziehenden, schmückenden, gestaltenden Principien in der Welt sichtbar wird, alle die Relationen, Zusammenhänge, Gesetzlichkeiten, die wir in der Empfindung "Kosmos" gegenüber dem Chaos zusammenfassen ..." (p.159). Im Anschluß hieran wird als drittes das "Princip des

ausgezeichneten Falles" für den "Typus des Kosmischen" formuliert. Damit wird "die qualitative Bestimmtheit der empirischen Welt "zum" Ausschnitt aus einer Unbestimmtheit, einem Zufallsbereich" (p.173). Ich breche damit die Darstellung dessen ab, was ich die kosmologische Ästhetik Mongrés nenne. Es ist evident, daß sie wie von kosmologischen auch von statistischen Vorstellungen begleitet wird und daß die Gegenüberstellung von (transzendentem) Chaos und (immanentem) Kosmos das Verhältnis von Repertoire und Information antizipiert.

Sowohl physikalisch wie auch ästhetisch deutlicher sind die Ausführungen Felix Auerbachs in den beiden Büchern "Die Weltherrin und ihr Schatten" von 19o2 und "Ektropismus oder die physikalische Theorie des Lebens" von 191o. In dem Maße wie übrigens Mongrés Kosmologie auf Whiteheads Begriff der Natur (6) verweist, hängt Auerbachs Theorie des Lebens mit derjenigen Erwin Schrödingers (7) zusammen.

Auerbach geht auch von der These eines Übergangs vom Chaos zum Kosmos aus (Ektropismus, p. 69). Wichtig ist für ihn die Unterscheidung zwischen "Ablaufprozessen" und "Aufzugprozessen". "Die Ablaufprozesse sind die normalen, die Aufzugprozesse die anormalen" (p.27). Auf dieser Voraussetzung werden dann entropisch verlaufende Prozesse von ektropisch verlaufenden getrennt. "Die Entropie kommt in der Hauptsache auf die Wahrscheinlichkeit eines Zustandes hinaus. Alles in der Welt, soweit es vom Ablaufcharakter ist, strebt immer wahrscheinlicheren Zuständen zu. Dies vorausgeschickt, ist es nun offenbar die Signatur des Individuellen, alles spezifisch Ektropischen, daß es Unwahrscheinliches leistet. Das wahrhaft Ektropische ist immer neu, unwahrscheinlich, verblüffend, der Statistik hohnsprechend oder, wenn es sich ausbreitet und durchsetzt, eine neue Statistik begründend" (p.68/69). Sehen wir hier davon ab, daß bei Auerbach die Lebensprozesse weitgehend als Aufzugprozesse aufgefaßt werden, die der thermodynamisch definierbaren Entropie der kosmischen Vorgänge entgegen wirken, was weitgehend mit der von Schrödinger entwickelten Theorie des Lebens übereinstimmt, so liegt der Ansatzpunkt für die Herausarbeitung einer kosmologischen Ästhetik in den mit dem Begriffspaar Entropie und Ektropie verbundenen Gegensätzen "Unordnung" und "Ordnung" oder "Verwirrung" und "Ordnung" oder "Wahrscheinlichkeit" und "Unwahrscheinlichkeit" oder "Ablauf" und "Aufzug" oder "Allgemeines" und "Individuelles". Auerbach sagt ganz klar: "Verwirrung tritt von selbst ein, Ordnung muß erzwungen werden" (p.66/67). Lebensprozesse können natürlich einen solchen Zwang ausüben. Doch transzendiert Auerbach durchaus die biologische Seite seines kosmologischen Begriffspaars Entropie und Ektropie, indem er ganz allgemein vom "ordnenden Geist" (der Ektropie) und vom "freien Willen" (der Entropie) spricht (p.94, Anm. u.p.53). So diskutiert er also mühelos die ethischen und die ästhetischen Auswirkungen seiner eingeführten Begriffe.

Zunächst beseitigt Auerbach ein Vorurteil: "Was endlich die Ästhetik angeht, so scheint das ganze Gebiet der Kunst abseits der eigentlichen kosmischen Entwicklungslinie zu liegen, denn greifbare ektropische Werte, so wird man sagen, werden hier nicht geschaffen. Der Grundfehler dieser Auffassung liegt in der durch das Herkommen entschuldbaren, an sich aber gänzlich haltlosen Trennung und Gegenüberstellung von realen (materiellen) und abstrakten (idealen) Werten und Zwecken. Unfruchtbar (gleichviel ob im realen oder idealen Bereiche) muß alles bleiben, was zerstreut und verworren ist: fruchtbar, aufs höchste gesteigert, kann es nur werden, wenn es auch die letzten Spuren der Zerstreuung und Verwirrung tilgt, wenn es sich zum reinen Sinnbild der Verdichtung und Ordnung erhebt. Dieses Streben nach Verdichtung und Ordnung aber nennen wir Stil ..." (p. 86/87). Sieht man von den naiven und etwas allgemeinen Wendungen in diesen Ausführungen ab, bemerkt man doch, wie weit Auerbach die Funktion der Ektropie spannt. Er unterscheidet übrigens auch bereits das Banale vom Speziellen fast in der Weise, wie in der Informationsästhetik das Triviale von der Innovation, das Bekannte vom Originalen getrennt wird. Mit einem sehr aktuell anmutenden Gedankengang schließt er seine ästhetische Überlegung ab: "Auch in der Kunst macht sich, bei der angeborenen Beharrungsträgheit der Produzierenden und der Konsumierenden, der Ablauf so breit, wie er irgend kann; die Ablaufkunst, die Ablaufästhetik beherrscht die Massen und den Markt. Aber das entscheidende sind auch hier die Aufzugprozesse, ist auch hier die Entwicklungskunst, ist auch hier immer und überall das wahrhaft Neue, in welcher, zunächst noch so unverstandenen Form es auch auftreten möge. Unverstanden: denn dem an das hergebrachte Gewohnten und durch das Neue Verblüfften erscheint als Verwirrung, was in Wahrheit neue Ordnung und neue Richtung ästhetischer Energien ist." (p. 87/88). Betrachtet man diese Sätze von der heutigen Informationsästhetik aus, so findet man natürlich leicht darin die Spuren der kommunikationstheoretischen Ästhetik, die bis in die Kunstsoziologie und in die Lehre des Kitsches als verbrauchter ästhetischer Botschaft vorgetrieben werden kann. Offenbar ist für Auerbach der "Prozeß" nicht nur eine entscheidende physikalische Kategorie gewesen, sondern, indem er sie geeignet weit faßt, auch eine ästhetische. Seine Betrachtung der Kunstwerke als Ergebnis ästhetischer (Ordnungs- bzw. Aufzugs)-Vorgänge kann daher Technisches (als Banales, Nichtindividuelles) und Künstlerisches (als Individuelles, Neues) ebenso scharf voneinander trennen wie in einer gemeinsamen, ebenso technologisch wie ästhetisch gemünzten Sprache beschreiben.

Ich möchte an dieser Stelle auch auf das Buch des Mineralogen Victor Goldschmidt "Über Harmonie und Complication", das bereits 19o1 erschienen ist, hinweisen, in dem, im Gegensatz zu Auerbach unabhängig von thermodynamischen Gesichtspunkten, das ästhetische Problem als ein kosmologisches aufgerollt wird. Voraussetzung für Goldschmidt ist ein erkenntnistheoretischer Gesichtspunkt, der sich kybernetisch verstehen läßt: "Unsere Fähigkeit die Außenwelt zu verstehen, läßt sich so erklären,

daß sich in unserem Geist Vorgänge abspielen (Mikrokosmos), die den Vorgängen in der Natur (Makrokosmos) analog verlaufen ..." (p. 1). Er denkt an ein "Gesetz der Complication" gemäß dem sich aus einfacher Anlage die Mannigfaltigkeit entwikkelt (p. 2). Dieses Prinzip der "Complication" wird von der Entwicklung der Kristallformen aus bis in das Gebiet der "formellen Kunst" ausgedehnt. Die präzise Formulierung, die der verwandte Begriff "Komplexität" bei Moles (8) von informationstheoretischer Seite erfährt, wird jedoch mit Goldschmidts Begriff "Complication" nicht erreicht. Dennoch gehören seine Überlegungen den spezielleren Randgebieten der kosmologischen Ästhetik an.

Wichtiger als Goldschmidt ist in unserem Zusammenhang natürlich Christian von Ehrenfels, dessen Arbeit "Über Gestaltqualitäten" den Autor schon früh bekannt gemacht hat. Doch beziehen wir uns hier sehr viel stärker auf sein Buch "Kosmogonie", das erst 1916 erschien. Wie der Titel andeutet, handelt es sich um die Betrachtung des Kosmos unter dem Aspekt seines Werdens. Nur die Teile, die unter dem Begriff "Kosmische Physiognomik" zusammengefaßt sind, führen in einem deutlicheren Sinne zu dem, was wir hier als Kosmologische Ästhetik bezeichnen. Die von von Ehrenfels eingeführten Begriffe "chaotogenes" und "henogenes" Element (der "aus dem Chaos stammende Anreiz" und die als "Gestaltungsprinzip" wirksame Tendenz in der kosmischen Entwicklung (p. 9o) haben eine sichtbare Beziehung zu Auerbachs "Ablauf"- und "Aufzugprozessen" und sind im Grunde Verallgemeinerungen der thermodynamisch orientierten Begriffe "Unordnung" und "Ordnung" bzw. "Entropie" und "Ektropie". Der Begriff der "Gestaltung", den von Ehrenfels klar in der "kosmischen Physiognomik" plaziert, (p. 93) gewinnt alsdann eine Deutung, die ihn leicht mit den realisationstheoretischen Teilen der Informationsästhetik verknüpfen läßt. "Von fundamentaler Bedeutung ist die Tatsache, daß es einen Grad der Gestaltung gibt, daß jede Gestalt eine bestimmte Höhe der Gestaltung aufweist. Eine Rose hat eine höhere Gestalt als ein Sandhaufen, das erkennt man ebenso unmittelbar, als daß Rot eine sattere - lebhaftere - Farbe ist, wie Grau. - Die höheren Gestalten unterscheiden sich von den niedrigeren außerdem dadurch, daß das Produkt von Einheit und Mannigfaltigkeit hier größer ist als bei jenen ... Ein gutes Mittel, um die Höhe von Gestalten zu vergleichen, ist folgendes: Man denke sich die betreffenden Gestalten (eine Rose, einen Sandhaufen) durch zufällige, regellose Eingriffe schrittweise abgetragen. Welche der beiden Gestalten hierbei die weitere Skala von Veränderungen durchläuft, diese ist die höhere" (p. 94). Interessant, auch ästhetisch, vor allem, wenn man dabei an die Theorie des "ästhetischen Maßes" (der Quotient aus dem Wert für "Ordnung" und dem Wert für "Komplexität") von G.D. Birkhoff (9) und ihre Anwendung auf Polygonzüge denkt, ist der von von Ehrenfels eingeführte Ausdruck "Reinheit" (p. 94). "Auch dieses Merkmal ist gradueller Natur, unterscheidet sich aber von der Gestaltungshöhe dadurch, daß es ein seiner Natur nach unübersteigbares Maximum besitzt - während Steigerung der Gestaltungshöhe ins Unendliche denkbar ist. -

Die Idealgestalten der mathematisch genauen Kugel, der mathematisch genauen regelmäßigen Polyeder sind Gestalten von maximaler, das heißt auch der logischen Möglichkeit nach nicht mehr überbietbaren Reinheit, - aber von relativ geringer Gestaltungshöhe." (p.94)

Fast jede an der Mathematik oder an der Technik orientierte künstlerische Produktion (wie es z.B. die geometrischen Zweige der "Konkreten Malerei", aber auch vielfach die Fotografie darstellt) neigt natürlich von ihren Prinzipien aus zur Bevorzugung der Kategorie der Reinheit gegenüber der Gestaltung in den ästhetischen Voraussetzungen. Demgemäß könnte man auch von einer mathematischen Richtung kosmologischer Ästhetik sprechen, die sich von einer mehr phänomenologischen (im allgemeinen, nicht husserlschen Sinne genommen) unterscheidet. Rechnet man Christian Wieners in "Die Grundzüge der Weltordnung" (1863) und in "Über die Schönheit der Linien" (1888) entworfenen Gedanken zu ästhetischen Fragen, insbesondere zum Problem wahrnehmbarer Schönheit aus Gründen, die hier nicht diskutiert werden können, noch zum Thema der kosmologischen Ästhetik, so würde man hinzuzufügen haben, daß Wiener, im Gegensatz zu Auerbach und von Ehrenfels, eine mathematische Richtung dieser Art Ästhetik kennzeichnet. G.D. Birkhoffs Untersuchungen hingegen würde ich zwar zu einer mathematischen, aber nicht zu einer kosmologischen Ästhetik rechnen.

Man darf in diesem Zusammenhang den amerikanischen Mathematiker, Logiker und Philosophen Ch.S. Peirce (1o) nicht vergessen, dessen Philosophie sowohl das kosmologische wie auch das semiotische Thema in einer Weise erschlossen hat, das sowohl die metaphysische Ästhetik Whiteheads wie auch die zeichentheoretische Ästhetik Morris' daraus Gewinn gezogen haben. Bei Peirce erscheint der Weltprozeß, der vom "Vagen" zum "Definiten" führt. Das ist eine kosmologische Auffassung, die Mongré, Auerbach, von Ehrenfels u.a. entspricht und eine ästhetische Interpretation zuläßt. Feibleman (11), der die Beziehungen zwischen Peirce und Whitehead belichtet hat, hebt Peirce's Begriff "regularity" hervor, der deutlich zugleich ein kosmologischer (sofern er z.B. zeitsetzend ist) und ein ästhetischer (sofern er z.B. auch "pattern" ausmacht) Begriff ist.

Anders liegen die Verhältnisse bei Samuel Alexander und bei A.N. Whitehead. Alexanders "Space, Time and Deity" (192o) und "Beauty and other forms of value" (1933) einerseits und Whiteheads "Science and the Modern World" (1925) und "Process and Reality" (1929) formulieren ganz bewußt und zwar implizit und explizit Prinzipien und Thesen einer kosmologischen Ästhetik, die jedoch weniger die mathematische und physikalische Sprache benutzen, als vielmehr eine intuitiv und spekulativ bestimmte Sprache der Metaphysik, genauer: einer Metaphysik, die mit ihren Hauptproblemen der Emergenz und der Qualitäten, der Entwicklung und des Neuen sich auf philosophische Kosmologie beschränkt. Alexander spricht mehr von der "Kom-

plexität", Whitehead deutlicher von der "ästhetischen Synthese", die in den "Ereignissen" sichtbar werden. Für beide ist Kunst so viel wie individuierende Realisation. In "Science and the Modern World" heißt es: "So ist 'Kunst' in dem allgemeinsten Sinne, den ich brauche, jede Wahl, durch welche die konkreten Tatsachen so angeordnet werden, daß sie die Aufmerksamheit auf besondere Werte lenken, die durch diese Tatsachen verwirklicht werden können" (p. 259, dtsch. Ed. 1949). Unter neueren Ästhetikern gehören noch Liviu Rusu mit seinem "Essai sur la création artistique" (1935), Gaston Bachelard mit "L'eau et les rêves" (1942) und "La poétique de l' espace" (1951) und A. A. Moles mit "La création scientifique" (1957) zur kosmologischen Ästhetik. Allerdings nur Moles in einem an der Mathematik und an der exakten Methodologie moderner Naturwissenschaft orientierten Sinne (wie er ja auch später in seiner "Théorie de l'information et perception esthétique" von 1958 zwar den kosmologischen Gesichtspunkt zurücktreten, aber den physikalischen Gesichtspunkt hervortreten läßt). Rusus Einstellung bleibt psychologisch und metaphysisch. Bachelards Analysen gehen phänomenologisch, literaturmetaphysisch und poetologisch vor. Sofern Moles und ich selbst im Aufbau der Grundlagen der sogenannten "Informationsästhetik" thermodynamische Vorstellungen von Ordnung und Unordnung etc. benutzen, gehören unsere Bemühungen selbstverständlich in diesen Voraussetzungen der kosmologischen Ästhetik an. Insbesondere in den Abschnitten "Gegenprobleme zur Theodizee", "Die Kategorizität des Gegenstandes" und "Mechanik und Ästhetik" in "Ästhetische Information" (1956) und in "Realisationstheorie" in "Ästhetik und Zivilisation" (1958) habe ich die Zusammenhänge zwischen den neueren ästhetischen und kosmologischen Problemen dargelegt. Das Problem einer "Panästhetik", das H. Frank am Schluß seiner Dissertation "Grundlagenprobleme der Informationsästhetik" (1959) anvisierte, gehört selbstverständlich ebenfalls dem Umkreis der kosmologischen Ästhetik an.

Schrifttumsverzeichnis

1. M. Bense, Ästhetik und Zivilisation, 1958, p. 21 ff.
2. G.W.F. Hegel, Vorl. ü. d. Ästhetik, I, 1835
3. Ch. W. Morris, Esthetics and the Theory of Signs, 1939
4. H. Frank, Grundlagenprobleme der Informationsästhetik, 1959
   A.A. Moles, Théorie de l'information et perception esthétique, 1958
5. A. Mittasch, Friedrich Nietzsche als Naturphilosoph, 1952
6. A.N. Whitehead, Process and Reality, 1929
   H. Wein, Zugang zur philosophischen Kosmogonie, 1954
7. E. Schrödinger, Was ist Leben? - 1943/51
8. A. A. Moles, a.a.O., p. 39
9. G.D. Birkhoff, Quelques Éléments Mathématiques de l'Art, Atti Congresso Bologna, 1.
1o. Ch. S. Peirce, Essays in the Philosophy of Science, Ed. Tomas, 1957
11. J. Feibleman, An Introduction to Peirce's Philosophy, 1946

Ich möchte noch darauf hinweisen, daß z.Zt. in Stuttgart Dissertationen zu den spezielleren ästhetischen Problemen und Vorstellungen Ch. Wieners, Ch.S. Peirces und Birkhoffs in Arbeit sind.

Eingegangen: 3o.5.1961

Bericht über ein Programm zur numerischen Textanalyse.

von Rul Gunzenhäuser, Esslingen.

Im Auftrag des Lehrstuhls für Philosophie an der Technischen Hochschule Stuttgart (Prof. Dr. Bense, Dr. Walther) wurde für die elektronische Großrechenanlage ER 56 der Firma Standard Elektrik Lorenz AG ein Programm entwickelt, das die numerische Textanalyse von umfangreicheren Textabschnitten gestattet. Die Ausarbeitung und technische Durchführung dieses Programms wurde Herrn cand. math. M. Böhm am Recheninstitut der T.H. Stuttgart übertragen, dem wir auch das nachstehend veröffentlichte Blockdiagramm verdanken. Herrn Prof. Dr. Kulp, dem Leiter des Recheninstituts der T.H. Stuttgart sei an dieser Stelle für seine Unterstützung herzlich gedankt sowie Herrn Dipl. Math. T. Lutz von der Firma Standard Elektrik Lorenz AG Stuttgart-Zuffenhausen für wertvolle Ratschläge.

Wir wollen im folgenden Aufgaben und Wirkungsweise dieses Programms schildern und in einem späteren Beitrag dann zusammenfassend über Textuntersuchungen berichten, die mit Hilfe dieses Programms durchgeführt wurden.

1. Aufgabe des Programms:

Das Textprogramm liefert durch Auszählen eines Textes folgende Daten:

a) einen Katalog der im Text auftretenden Wörter und ihrer Häufigkeiten. Diese Daten werden auf der Magnettrommel gespeichert.

b) Die Häufigkeiten der im Text auftretenden Buchstaben und Ziffern. Diese Daten werden im Kernspeicher der Anlage festgehalten.

c) Die Häufigkeiten der Wörter mit genau i Buchstaben für i zwischen 1 und 12, die Gesamtzahl aller auftretenden Wörter bzw. Buchstaben und Ziffern. Diese Daten werden ebenfalls im Kernspeicher festgehalten.

2. Wirkungsweise des Programms:

Die Wirkungsweise des Programms ergibt sich aus folgenden Einzelschritten:

a) Der zu analysierende Text wird mittels Lochstreifen in die Maschine eingelesen. Ein Unterprogramm UP 1 scheidet alle nicht gewünschten Zeichen, wie Interpunktionszeichen, Bindestriche, technische Zeichen des Fernschreibers usw. aus Das Einlesen in die Maschine erfolgt Textwort für Textwort. Als Kriterium für das Ende eines solchen Textwortes wurde verwendet entweder der Zwischenraum nach jedem Textwort oder - falls das Textwort mit der Zeile endet - der Übergang zur nächsten Zeile, d.h. für den Fernschreibbetrieb das Auftreten des Zeichens "Wagenrücklauf". Dies bringt eine Einschränkung für den Text derart, daß man voraussetzen muß, daß nie mehr als ein Zwischenraum nach jedem Wort vorhanden sein darf und daß am Ende einer Zeile, wenn damit auch ein Wort zu Ende ist, kein Zwischenraumzeichen, sondern nur das Zeichen für "Wagenrücklauf" gegeben werden darf. Interpunktion im Text ist auf das Programm ohne Einfluß.

b) Das Programm zählt zunächst die Anzahl der Buchstaben jedes einzelnen Textwortes und addiert sie auf zur Gesamtbuchstabenzahl des Textes. Gleichzeitig bestimmt das Programm die absolute Häufigkeit aller auftretenden Buchstaben und Ziffern. Es kann damit genaue Auskunft darüber erteilen, wie häufig beispielsweise die Vokale "a", "e", "i", usw. im Text auftreten.

c) Anschließend bestimmt das Programm die Anzahl der im Text auftretenden Wörter und die Häufigkeit der Wörter mit je i (für i = 1, 2, ..., 12) Buchstaben. Alle Textwörter mit 12 und mehr Buchstaben werden aus technischen Gründen gemeinsam erfaßt.
Hier sei noch eine programmtechnische Bemerkung gestattet. Ein "Maschinenwort", d.h. eine für die Maschine einheitlich zu behandelnde Buchstabengruppe, enthält stets 3 Buchstaben. Aus speichertechnischen Gründen werden die auftretenden Textwörter in 4 Gruppen unterteilt und entsprechend gespeichert.

Gruppe	Anzahl der Buchstaben je Textwort	Anzahl der Zellen je Textwort einschl. einer Zählzelle	Zur Speicherung verw. Kanäle auf der Trommel u. Wortkapazität
1	1 - 3	2	0 - 5 (1ooo Zellen) ≙ 5oo Textw.
2	4 - 6	3	15 -29 (3ooo Zellen) ≙ 1ooo Textw.
3	7 - 9	4	3o -44 (3ooo Zellen) ≙ 75o Textw.
4	1o -12	5	45-59 (3ooo Zellen) ≙ 6oo Textw.

Das Programm sieht damit vorläufig eine Speichermöglichkeit von 5oo + 1ooo + 75o + 6oo = 285o verschiedenen Textwörtern vor. Wird diese Speicherkapazität überschritten, stoppt die Maschine.

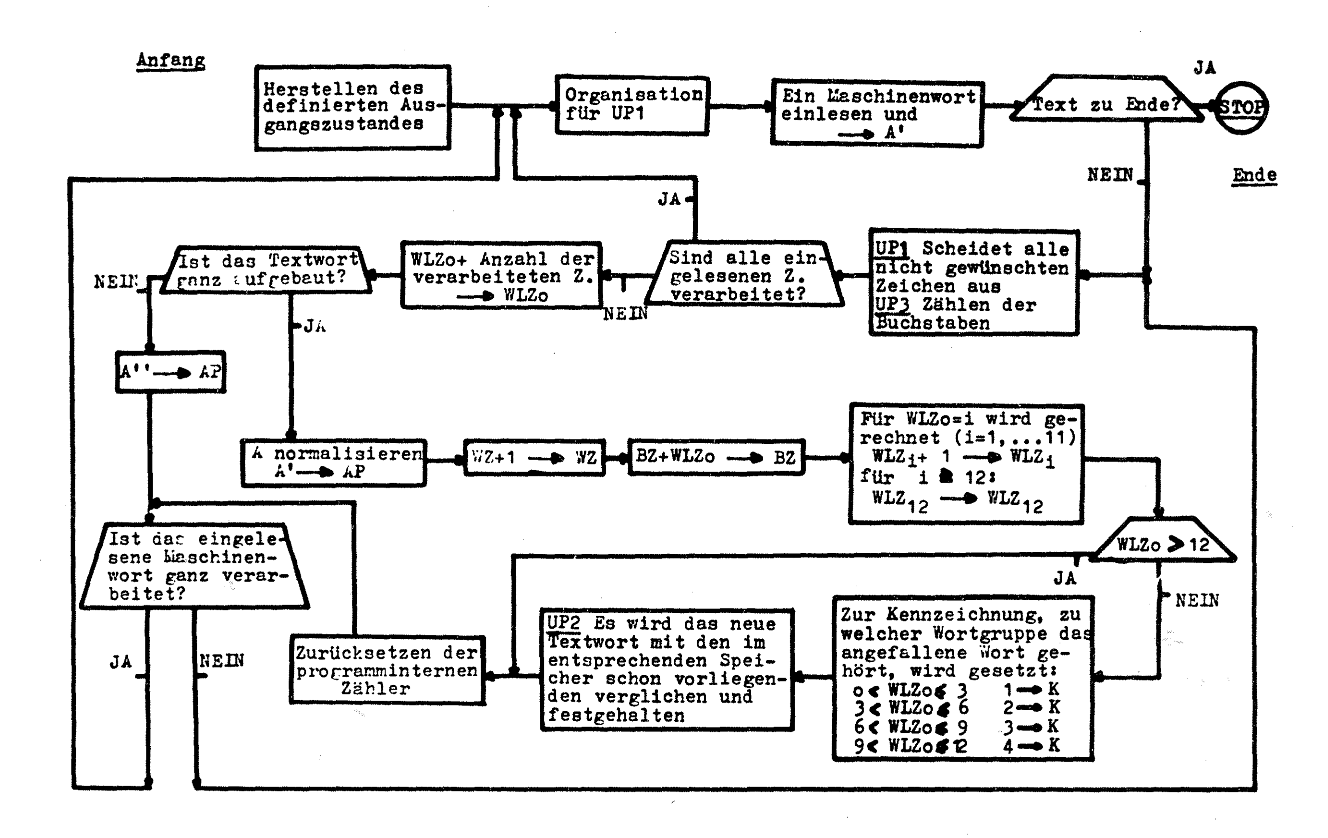
d) Der Schwerpunkt des Programms liegt in der Aufgabe, alle im Text vorkommenden Wörter in der Ordnung der Häufigkeit auszudrucken, so daß man einen Katalog aller im untersuchten Text auftretender Wörter erhält. Diese lexikographische Aufzeichnung kann gleichzeitig die absolute und relative Häufigkeit des Auftretens jedes einzelnen Textwortes enthalten, so daß man ein "Häufigkeitswörterbuch" für den betreffenden Text erhält. Um diesen Programmabschnitt durchzuführen, wird in einem Unterprogramm UP2 jedes neue Textwort mit allen im entsprechenden Speicher vorhandenen Textwörtern verglichen. Ist es im untersuchten Text bereits aufgetreten, wird die dort registrierte Häufigkeit seines Auftretens um eine Einheit erhöht und das Wort nicht mehr neu festgehalten. Ist es jedoch im bisherigen Verlauf der Textuntersuchung noch nicht aufgetreten, wird es mit der Häufigkeit 1 versehen und neu registriert. Wörter mit mehr als 12 Buchstaben werden nicht gezählt.

Dieser Programmpunkt d) ist der umfangreichste und zeitraubenste. Er gibt uns aber die Möglichkeit, Häufigkeitswörterbücher nicht allzu umfangreicher Textproben zu erstellen, wie dies etwa für den französischen Autor Francis Ponge durchgeführt wurde (vgl. E. Walther, vorbereitete Monographie über Francis Ponge) und für Hans Arp geplant ist. Zwar werden die Programmpunkte nebeneinander ausgeführt, doch besteht die Möglichkeit, den einen oder anderen Programmpunkt - mit Ausnahme von a) wegzulassen.

Ein beigefügtes Blockdiagramm soll schematisch über die Arbeitsweise dieses Textprogramms informieren. Aus drucktechnischen Gründen wurde es stark vereinfacht. Dabei bedeuten die Abkürzungen:

A	=	Akkumulator
A'	=	1. Hälfte des Akkumulators
A''	=	2. Hälfte des Akkumulators
AP	=	Ausgangspuffer
BZ	=	Zählzelle für die Gesamtzahl der Buchstaben
UP	=	Unterprogramm
WLZo	=	Zählzelle für die Länge jedes neuen Wortes
WLZ_i	=	Zählzelle für die absoluten Häufigkeiten der Wörter mit je i Buchstaben
WZ	=	Zählregister für die Gesamtheit der Wörter

Eingegangen: am 14. März 1961



Anfang
Herstellen des definierten Ausgangszustandes
Organisation für UP1
Ein Maschinenwort einlesen und → A'
Text zu Ende?
JA
STOP
Ende
NEIN
UP1 Scheidet alle nicht gewünschten Zeichen aus
UP3 Zählen der Buchstaben
Sind alle eingelesenen Z. verarbeitet?
JA
NEIN
WLZo+ Anzahl der verarbeiteten Z. → WLZo
Ist das Textwort ganz aufgebaut?
NEIN
JA
A'' → AP
A normalisieren A' → AP
WZ+1 → WZ
BZ+WLZo → BZ
Für WLZo=i wird gerechnet (i=1,...11)
WLZi+ 1 → WLZi
für i ≥ 12:
WLZ12 → WLZ12
WLZo > 12
JA
NEIN
Ist das eingelesene Maschinenwort ganz verarbeitet?
JA
NEIN
Zurücksetzen der programminternen Zähler
UP2 Es wird das neue Textwort mit den im entsprechenden Speicher schon vorliegenden verglichen und festgehalten
Zur Kennzeichnung, zu welcher Wortgruppe das angefallene Wort gehört, wird gesetzt:
o < WLZo ≤ 3 1 → K
3 < WLZo ≤ 6 2 → K
6 < WLZo ≤ 9 3 → K
9 < WLZo ≤ 12 4 → K

Semiotische Charakteristik zweier Texte von Francis Ponge.

von Elisabeth Walther, Stuttgart

Der ästhetische Prozeß wird in der modernen Ästhetik sowohl als zeichenbildende Realisation wie auch als statistischer Selektionsvorgang aufgefaßt. In der Texttheorie folgen statistische, semantische, phänomenologische, metalinguistische oder ästhetische Kennzeichnungen aufeinander. Selbstverständlich spielen aber die zeichenbildenden Prozesse in allen Abläufen die entscheidende Rolle. In jeder analytischen Behandlung von Texten muß also die zeichentheoretische Beschreibung vorangehen. Außerdem bezieht sich die statistische Kennzeichnung der Textmaterialität (wie sie nach Fucks und Guiraud durchgeführt werden kann) primär auf die rein linguistische Substanz, d.h. auf die sprachlichen materialen Elementenmengen, innerhalb deren die ästhetische Zeichenbildung stattfindet. Zur Gewinnung ästhetischer Aussagen über einen Text ist somit nicht nur die Ermittlung der Elementenklassen, die er verarbeitet, notwendig, sondern auch die der spezifischen Zeichenklassen, die in selektierter Verteilung auftreten.

Meines Wissens sind die neueren Zeichentheorien noch nicht zur Deskription von Texten ausgenützt worden. Ich werde versuchen, die zeichentheoretische Beschreibung oder Analyse zweier Texte von Francis Ponge zu geben, und zwar eines älteren "Le Feu" (1942) und eines jüngeren "L'abricot" (1957). Ich bediene mich dabei einer Terminologie, die sich sowohl auf die Klassifikationen von Peirce und Morris (1) als auch von Bense und Moles bezieht.

Zunächst die Texte im Wortlaut:

Le Feu

Le feu fait un classement: d'abord toutes les flammes se dirigent en quelque sens...

L'on ne peut comparer la marche du feu qu'à celle des animaux: il faut qu'il quitte un endroit pour en occuper un autre; il marche à la fois comme une amibe et comme une girafe, bondit du col, rampe du pied...
Puis, tandis que les masses contaminées avec méthode s'écroulent, les gaz qui s'échappent sont transformés à mesure en une seule rampe de papillons.

L'Abricot

La couleur abricot, qui d'abord nous contacte, après s'être massée en abondance heureuse et bouclée dans la forme du fruit, s'y trouve, par miracle, en tout point de la pulpe, aussi fort que la saveur soutenue.

Si ce n'est donc jamais qu'une chose petite, ronde, sous la portée presque sans pédoncule, durant au tympanon pendant plusieurs mesures dans la gamme des orangés,

Toutefois il s'agit d'une note insistante, majeure.

Mais cette lune, dans son halo, ne s'entend qu'à mots couverts, à feu doux, et comme sous l'effet de la pédale de feutre.

Ses rayons les plus vifs sont dardés vers son centre. Son rinforzando lui est intérieur.

Nulle autre division n'y est d'ailleurs préparée, qu'en deux. C'est un cul d'ange à la renverse, ou d'enfant-jésus sur la nappe.
Et le bran vénitien qui s'amasse en son centre, s'y montre sous le doigt dans la fente ébauché.

On voit déjà par là ce qui, l'éloignant de l'orange, le rapprocherait de l'amande verte, par exemple.
Mais le feutre dont je parlais ne dissimule ici aucun bâti de bois blanc, aucune déception, aucun leurre: aucun échafaudage pour le studio.

Non. Sous un tégument des plus fins - moins qu'une peau de pêche: une buée, un rien de matité duveteuse - et qui n'a nul besoin d'être ôté, car ce n'est que le simple retournement, par pudeur, da la dernière tunique - nous mordons ici en pleine réalité, accueillante et fraîche.

Pour les dimensions, une sorte de prune en somme, mais d'une tout autre farine, et qui, loin de se fondre en liquide bientôt, tournerait plutôt à la confiture.

Oui, il en est comme de deux cuillerées de confiture accolées.

Et voici donc la palourde des vergers, par quoi nous est confiée aussitôt, au lieu de l'humeur de la mer, celle de la terre ferme et de l'espace des oiseaux, dans une région d'ailleurs favorisée par le soleil. Son climat, moins marmoréen, moins glacial que celui de la poire, rappellerait plutôt celui de la tuile ronde, méditerranéenne ou chinoise.

Voici, n'en doutons pas, un fruit pour la main droite, fait pour être porté à la bouche aussitôt.
On n'en ferait qu'une bouchée, n'était ce noyau fort dur et relativement importun qu'il y a, si bien qu'on en fait plutôt deux, au maximum quatre.

C'est alors, en effet, qu'il vient à nos lèvres, ce noyau, d'un merveilleux blond auburn très foncé.
Comme un soleil vu sous l'éclipse à travers un verre fumé, il jette feux et flammes.

Oui, souvent adorné encore d'orpeaux de pulpe, un vrai soleil more-de-Venise, d'un caractère fort renfermé, sombre et jaloux,
Pour ce qu'il porte avec colère - contre les risques d'avorter - et, fronçant un sourcil dur voudrait enfouir au sol la responsabilité entière de l'arbre, qui fleurit rose au printemps.

Im ersten Textmaterial, das aus 81 Elementen, d.h. Wörtern besteht, fungieren alle Zeichenklassen, die in der Zeichentheorie unterscheidbar sind, also Symbole, Ikone, Indices, aber auch Zeichen für ... und Zeichen von ..., sowie Strukturen, Superzeichen und singuläre Zeichengestalten. Jedes verwendete Wort hat zunächst die Zeichenfunktion eines Symbols. Als solches hat es auch den Charakter eines Zeichens für ... Zu diesen 81 Symbolen kommen 11 Interpunktionszeichen sechs verschiedener Klassen, die primär die Funktion von Index-Zeichen haben. Sie beziehen sich auf Sätze, Satzteile und Abschnitte, oder besser zeigen solche Zusammenhänge der einzelnen Symbole an.

Die drei Abschnitte, in die der Text zerfällt, können zunächst als quasi-ikonisch interpretiert werden, da sie drei Klassen von Beobachtungselementen entsprechen. Jeder Abschnitt stellt eine Deskription dar; der erste in Form einer Feststellung, der zweite in Form eines Vergleichs, der dritte in der Doppelform einer Feststellung und eines Vergleichs.

Der erste Abschnitt besteht aus symbolischen und indexikalischen Zeichen und bildet als Ganzes, da er sich auf die folgenden Abschnitte bezieht, sie anzeigt, einen zusammengesetzten Index; der zweite Abschnitt als Ganzes ist ein Ikon, das sich jedoch aus Symbolen und Indices zusammensetzt; der dritte Abschnitt ist ebenfalls als Ikon zu bezeichnen, doch finden sich auch hier symbolische und indexikalische Zeichen, die mit nur zwei ikonischen Zeichen das Ikon aufbauen.

Um diese Interpretation zu rechtfertigen, gebe ich nachstehend eine Tabelle, die aufgrund der Peirceschen Zeichentheorie aufgestellt wurde:

Symbol	Index	Ikon
le, la, les	un, une, des	contaminées
feu	d'abord	une rampe de papillons
classement	toutes	
flammes	en quelque sens	
se dirigent	on	
ne peut comparer	celle	
marche du feu	endroit	
animaux	autre	
il faut qu'il quitte	à la fois	
pour en occuper	comme	
marche	puis	
amibe	tandis que	
girafe	avec méthode	
bondit du col	qui	
rampe du pied	à mesure	
masses	en	
s'écroulent	seule	
gaz		
s'échappe		
sont transformés		

Der Gesamttext "Le feu" besteht also aus drei Abschnitten, und zwar einem Index und zwei Ikonen. Wir können sagen, daß der Gesamttext ein Symbol ist, wenn wir Peirce zustimmen, daß das Symbol aus Index plus Ikon aufgebaut werden kann, auch wenn es zunächst den Anschein hat, als handele es sich im Pongeschen Text um Ikone.

Da außerdem eine gewisse Assoziierung im Zeichenprozeß der Perioden erkennbar ist, die die Entwicklung des Textes begleitet, dürfen wir von singulärer Zeichengestalt sprechen und erst damit gewinnt er seine unverwechselbare ästhetische Information. Als singuläre Zeichengestalt ist er selbstverständlich auch Superzeichen, da die Superierung erst einsetzen kann, wenn der gesamte Text wahrnehmbar ist. Es handelt sich hier also um ein singuläres Superzeichen, genauer das in Bezug auf den Text vorhandene singuläre Superzeichen höchster Ordnung.

Man könnte einwenden, daß der Text trotzdem ikonischen Charakter habe, da doch offensichtlich ein Bild des Feuers gegeben werden solle. Beachtet man jedoch, daß der Text eine Konzeption des Feuers von größter Allgemeinheit ist (phänomenologisch gesprochen, das Wesen des Feuers erreichen will), dann ist er nur als Symbol zu charakterisieren. Das widerspricht allerdings der Morrisschen These, daß das Kunstwerk als Ikon aufzufassen ist. (2)

Das Textmaterial von "L'abricot" zerfällt in zwanzig mehr oder weniger selbständig fungierende Abschnitte oder in acht größere Abschnitte. Man bemerkt sofort, daß der Zeichenprozeß hier viel komplexer verläuft als in "Le feu" oder in anderen Stücken aus "Le parti pris des choses". Zunächst überrascht die Zunahme der qualitativen Zeichen, die nach Peirce als ikonische Zeichen zu betrachten sind. Wir haben in "L'abricot" 38 Adjektive, in "Le feu" nur 1. Auch die Zahl der Bilder und Metaphern ist größer. Doch schenken wir uns die detaillierte Untersuchung der Wortarten und betrachten wir nur die acht großen Abschnitte. Ganz allgemein kann man feststellen, daß die indexikalischen Zeichen überwiegen und daß vor allem der Abschnitt vier als fast reines Index-Zeichen gedeutet werden muß (man

beachte dabei den Gebrauch der quantitativen Angaben wie "aucun", "rien", "des plus fins", "nul", "ne...que", "dernière", die nach Peirce indexikalische Zeichen sind). Die anderen Abschnitte bestehen aus indexikalischen und ikonischen Zeichen, nur Abschnitt sieben kann wohl wieder als rein indexikalisches Zeichen charakterisiert werden. Trotz der großen Anzahl ikonischer Elemente (Wörter) haben wir es hier mit einem Text zu tun, der wiederum nicht als Ikon interpretiert werden kann und zunächst (wenn man die Summe von Indices und Ikonen als Symbole kennzeichnet, wie Peirce es macht) als singuläres Symbol erscheint. Doch ist man meiner Meinung nach berechtigt, den Gesamttext als singulären Index zu deuten, da er nicht nur die "Aprikose" in größter Allgemeinheit darstellt, sondern darüber hinaus noch eine moralische Absicht erkennen läßt, nämlich die "Verantwortung" des Kernes "für den Baum, der rosa blüht im Frühling". Der Wert selbst, auf den die "Verantwortung" bezogen wird, ist ein natürliches Faktum, das offenbar ganz und gar nur symbolisch, aber mit deutlicher ästhetischer Superierung zum Ausdruck gebracht wird. Ich würde also den Schluß ziehen, daß "L'abricot" ein Beispiel dafür ist, daß ein singulärer ästhetischer Text als Ganzes auch Index-Charakter besitzen, daß überhaupt ein Kunstwerk als Index betrachtet werden kann.

Ich möchte weiter allgemein die Feststellung treffen, daß bei Ponge ein Text immer sehr deutlich entweder als singuläres Symbol oder als singulärer Index aufgebaut erscheint. Die ikonischen Zeichen, die den Text konstituieren helfen, werden jedenfalls nicht allein zur Superierung verwendet und selbst die ikonischen Zeichen im "Le restaurant Lemeunier ...", der doch einen ganz konkreten Vorwurf hat, werden zugunsten der Symbole und Indices transzendiert. Außerdem liegt der entscheidende Index-Charakter der Texte Ponges in der singulären ganzheitlichen Textgestalt und diese designiert offenbar weniger Interpretationen als Werte.

Die in der informationellen Ästhetik vorausgesetzte spezielle Klassifikation der Zeichen ließ erkennen, daß ein Zeichen nur als Index das designieren kann, was man (vom Standpunkt der allgemeinen Werttheorie) einen "Wert" nennt. (Vergl. M. Bense, Elemente und Zeichen, Grundlagenstudien 2,1, 1961). Dabei ist an eine bestimmte Klasse besonders kommunikativ wirksamer Bedeutungen des Kunstwerks, etwa moralische, idealisierende oder naturalisierende, politische oder experimentelle Tendenzen, zu denken. Man kann feststellen, daß dort, wo das

Sprachkunstwerk Ponges als Index erscheint, solche, die ästhetische und semantische Botschaft transzendierende Wert-Designate, vorwiegend moralischer Art, ausdeutbar werden.

Nach den Vorstellungen der Zeichentheorie steigen nun im allgemeinen die Deutungsmöglichkeiten eines Textes mit der Zunahme der Indices im Zeichenprozeß an, während sie, texttheoretisch gesehen, mit hohen semantischen Dichten kleiner werden. Bei Ponge erweist sich jedoch trotz der verstärkten Index-Bewegung im Text die semantische Dichte als relativ hoch, sodaß, wie es auch seine methodische Absicht ist, die Deutungsmöglichkeiten gering bleiben.

Schrifttumsverzeichnis

1) Bezüglich Peirce verweise ich auf Collected Papers of Charles Sanders Peirce, Vol. II, Chap. 3, p. 156 ff., Vol. VIII, Book I, p. 131 ff. und Book II, p. 22o ff. und 231 ff. (Correspondances), 196o; desgl. A.W. Burks, "Icon, Index and Symbol", Philosophy and Phenomenological Research, Vol. IX, Nr.4, 1949.
Bezüglich Morris verweise ich auf Ch. W. Morris, Esthetics and the Theory of Signs, Journal of Unified Science, VIII, 1939, p. 131; desgl. L.N. Roberts, Art as Icon, Tulane Studies in Philosophy, Vol. IV, 1955.

2) Vergl. L.N. Roberts, a.a.O.

Eingegangen: am 15.6.1961

Programmierung des Schönen.

Buchbesprechung von R. Gunzenhäuser, Esslingen/Neckar.

Die bisher erschienenen Veröffentlichungen Max Benses zur Ästhetik - Aesthetica, 1954; Ästhetische Information, 1956; Ästhetik und Zivilisation, 1958 und zahlreiche Aufsätze in der Zeitschrift "Augenblick" - brachten eine auf logischen und mathematischen Überlegungen aufgebaute ästhetische Kommunikationstheorie, die sich wesentlich auf Informations- und Zeichentheorie stützt. In dem eben erschienenen Band IV, "Programmierung des Schönen" entwickelt Max Bense eine allgemeine Thxttheorie auf der Grundlage statistischer und kybernetischer Forschungen von Fucks, Herdan, Mandelbrot und Zipf auf der einen, Chintchin, Cherry, Moles und Meyer-Eppler auf der anderen Seite.

Ausgangspunkt seiner Untersuchungen ist die bereits früher entwickelte Dualität zwischen physikalischen und ästhetischen Prozessen; dem schließt sich ein ausführlicher Extrakt der Textstatistik und Textsemantik an. Dieser statistisch erfaßbaren Textmaterialität wird dann eine intentional beschreibbare Textphänomenalität gegenübergestellt, die auf der "phänomenologischen Reduktion" beruht. Der Aufbau der Texttheorie wird S. 124 in einem Schema wiedergegeben. Er schließt ab mit der Textästhetik, die den synthetischen Aspekt der Textherstellung und Textkommunikation behandelt. Faßt man mit Bense Textrealisation nicht als "Schöpfung aus dem Nichts", sondern als statistische "Selektion aus einem Repertoire" auf, so kann diese Realisation als statistischer Vorgang aufgefaßt werden, und "damit wer-

den Texte im Prinzip auch der kybernetischen Herstellung zugänglich", es entstehen neue literarische Textkonzeptionen wie Randomtexte und durch programmgesteuerte Rechenanlagen erzeugte Texte, auf die Max Bense abschließend hinweist.

Max Bense: Programmierung des Schönen, aesthetica IV, Agis-Verlag Baden-Baden und Krefeld, broschiert 128 Seiten, 196o.

BEWUSSTSEINSTHEORIE

von Max Bense, Stuttgart.

1. Bewußtseinstheorie im Sinne einer philosophischen Theorie, also einer Theorie, deren Aussagen erkenntnistheoretisch und ontologisch hinreichend allgemein formuliert sind, so daß sie von einer speziellen Fachwissenschaft unabhängig bleiben, aber für jede verbindlich sind, gibt es erst seit Kant. Kant mit der Theorie der transzendentalen Apperzeption und dem transzendentalen Bewußtsein (meiner Selbst) in der "Kritik der reinen Vernunft", Reinhold kurz darauf mit seinem "Versuch einer neuen Theorie des menschlichen Vorstellungsvermögens", Hegel mit der "Phänomenologie des Geistes" und der darin entwickelten dialektischen Bewegung des Bewußtseins und einer weitreichenden Reflexionsthematik und Fichte mit den Ideen des "setzenden" und des "reproduzierenden Ichs" im "Grundriß des Eigentümlichen der Wissenschaftslehre" und in der "Transzendentalen Logik" haben die Voraussetzungen für eine philosophische Theorie des Bewußtseins geschaffen.

Mit dem Aufsatz William James "Does Consciousness exist?" aus dem Jahre 19o4 verliert diese philosophische Bewußtseinstheorie den mehr oder weniger gebundenen metaphysischen Charakter ihres zentralen Begriffs, indem Bewußtsein nicht mehr als fixierbare "Wesenheit" oder "Substanz" aufgefaßt wird, sondern einfach als "Funktion", die keiner statischen ontologischen Substanzthematik mehr entspricht. Im Jahre 191o führte Johannes Rehmke in "Das Bewußtsein" eine erneute philosophische Bestimmung durch,die "Bewußtwerden" eines Dinges als "Wissengegenstandswerden" verstand, was noch als im Einklang mit dem funktionalen Bewußtseinsbegriff von James stehend betrachtet werden kann, doch zeigte die Untersuchung insofern ein rückläufiges Ergebnis, als Rehmke unter "Bewußtsein" wieder ein "Einzelwesen" verstand, das als solches der "Veränderung" fähig sein sollte. Husserls "Phänomenologie" weiterhin

reduzierte, von bekannten Überlegungen Brentanos ausgehend, die Theorie des Bewußtseins auf eine Theorie der "Intentionalität" im Sinne einer Theorie "intentionaler Gegenstände", die präfixiert einer deskriptiven selbständigen Erforschung zugängig sein sollten. Daß Bewußtsein ganz und gar als "Bewußtsein von..." aufgefaßt wird, kann in Übereinstimmung mit seiner funktionalen Auffassung gebracht werden. Whitehead nahm schon in "Science and Modern World" 1926 die James'sche Vorstellung auf und definierte Bewußtsein als "Funktion des Wissens". Bemerkenswert scheint mir schließlich noch ein Ansatz von Melchior Palagyi zu sein, der in seinen "Naturphilosophischen Vorlesungen über die Grundprobleme des Bewußtseins und des Lebens" 1924 (gewissermaßen gegen den "Bewußtseinsstrom" William James') das Bewußtsein als "Tätigkeit" auffaßte und von der "Intermittenz der Bewußtseinstätigkeit" sprach. Die "Tätigkeit" selbst erscheint dabei als ein "Beziehen symbolischer Akte auf Wahrnehmungsakte". Wie man von Husserl aus das "Bewußtsein" durch "Intentionalität" kennzeichnen kann, die ihrerseits als Relation zwischen einem "Subjektpol" und einem "Objektpol" beschreibbar ist, so läßt sich mit Palagyi sagen, daß Bewußtsein eine relationserzeugende Tätigkeit ist, die "symbolische Akte" auf "Wahrnehmungsakte" bezieht.

2. Diese Voraussetzungen sind anzuführen, wenn man den wohl zuerst von Gotthard Günther in seiner kleinen Schrift "Das Bewußtsein der Maschinen" von 1957 zugleich von der klassischen Metaphysik, der Informationstheorie und den elektronischen Rechenanlagen aus prospektiv anvisierten kybernetischen Bewußtseinsbegriff weiterentwickeln will und dabei den Gedanken eines funktionalen nicht-substanziellen Bewußtseinsbegriffs festhält.

Denn mir scheint, daß nur der funktionale, nicht-substanzielle Bewußtseinsbegriff die Orts- und Materialirrelevanz theoretisch antizipiert, die in bewußtseinsanalog arbeitenden kybernetischen Maschinen, d.h. in Maschinen, die Vorgänge des Bewußtseins reproduzieren wie Gedächtnis, Schließen, Rechnen, Lernen etc., als realisiert gedacht werden kann. Die Einbettung des funktionalen Bewußtseinsbegriffs in den weiteren Zusammenhang einer Funktionsontologie, die entsprechend an die Stelle der substanziellen Seinsthematik tritt, ist dabei ebenso selbstverständlich, wie sie an dieser Stelle nur in Annäherung entworfen werden kann.

Auch zu untersuchen, wie weit die klassische Gegenstandsthematik, die in der "Kritik der reinen Vernunft" noch voll gegenwärtig ist, und die moderne Funktionsthematik einander ebenso ausschließende wie ergänzende Züge einer vollständigen Seinsthematik beschreiben, was offenbar R. Mckeon in seinem Aufsatz "Process and Function", der 1953 in der Zeitschrift "Dialectica" erschien, bereits andeuten wollte, ist hier nicht möglich.

3. Wir führen zunächst den Begriff "Funktion" als eine Relation im Sinne eines Abhängigkeitsverhältnisses zweier ontischer Gegebenheiten, die als variabel gedacht werden, ein. In solchen Funktionen, die als Abhängigkeitsverhältnisse weder material noch gegenständlich noch örtlich fixiert sind, können also "Einsetzungen" vorgenommen werden.

Alsdann sprechen wir von "Seinsfunktion" und dieser Ausdruck soll die Tatsache beschreiben, daß es Etwase gibt, sogenannte "Zeichen", die sich auf Seiendes beziehen, das jeweils durch eine solche Beziehung bestimmt wird. In eine Seinsfunktion, die sich als Zeichen darbietet, kann also ein anderes Etwas, wie man sich auch ausdrücken kann, eingesetzt werden, das auf diese Weise Objekt, Seiendes wird.

Man kann die "Seinsfunktionen" klassifizieren, indem man sie nach der Zahl der Einsetzungen, die in sie vorgenommen werden können, unterscheidet. Wir sprechen also von einstelligen, zweistelligen, dreistelligen oder einfach mehrstelligen Seinsfunktionen bzw. von S e i n s f u n k t o r e n , wenn man ihren e r z e u g e n d e n Charakter berücksichtigt. Natürlich läßt sich auch von monadischen, dyadischen, triadischen usw. Seinsfunktionen bzw. Seinsfunktoren sprechen. Jedenfalls ergibt sich eine o n t o l o g i s c h e T y p e n t h e o r i e, die sich jedoch nicht wie die, deren Idee Bochenski andeutete, auf Gegenstände, sondern auf Funktionen bezieht. Im Einzelnen läßt sich folgende Klassifizierung vornehmen:

"Gegenstand" ...... ist eine nullstellige Seinsfunktion (Seinsfunktor)

"Zeichen"......... ist eine einstellige Seinsfunktion (Seinsfunktor), in die e i n Gegenstand eingesetzt werden kann bzw. das sich auf e i n Seiendes bezieht,

"Bewußtsein"....... ist eine zweistellige Seinsfunktion (Seinsfunktor), in die zwei Etwase, Subjekt und Objekt, eingesetzt werden müssen bzw. die sich auf zwei Gegebenheiten bezieht, um erfüllt, "abgesättigt" zu werden, (1)

"Kommunikation"... ist eine dreistellige Seinsfunktion (Seinsfunktor), in die drei Etwase, ein Zeichen, ein Expedient und ein Perzipient eingesetzt werden müssen, damit die Funktion funktioniert.

Peirce (2) hat seinen Zeichenbegriff von vornherein als Zeichenfunktion eingeführt und diese Z e i c h e n f u n k t i o n, darin unterschieden vom bloßen Zeichen, das eine einstellige Seinsfunktion ist, erweist sich als eine kommunikative, also dreistellige Seinsfunktion, indem sie sich auf drei Glieder, auf das Zeichen, das Objekt und das Interpretant bezieht.

Im Rahmen der Bewußtseinstheorie interessiert naturgemäß lediglich die Auffassung

des Bewußtseins als eine dyadische Seinsfunktion. Das Bewußtsein ist danach ein die Subjekt-Objekt-Relation erzeugender zweistelliger Seinsfunktor, mit dem selbstverständlich auch die Intentionalität als "Bewußthaben von etwas" erfaßt ist. Doch wäre die Subjekt-Objekt-Relation vor allem im Hinblick auf den Unterschied zwischen diesen beiden gegenständlichen Merkmalen der Relation noch weiter zu bestimmen. Um Subjekt und Objekt als unterschiedene Argumente der Funktion des Bewußtseins aus der dyadischen Bewußtseinsfunktion abzuleiten, kann man von der Tatsache ausgehen, daß an ihrem Subjekt-Argument (Subjekt-Pol) ein anderer Prozeß entspringt als an ihrem Objekt-Argument (Objekt-Pol) oder daß, um es noch anders auszudrücken, die dyadische Bewußtseinsfunktion mit der einen "Einsetzung" anders verläuft als mit der anderen. Man kann sagen, daß die Bewußtseinsfunktion am Subjekt als I t e r a t i o n (3) und am Objekt als A b s t r a k t i o n (4) genauer: als A p p e r z e p t i o n d u r c h I t e r a t i o n und als D e f i n i t i o n d u r c h A b s t r a k t i o n verläuft. Beide Prozesse sind als solche bekannt, die Apperzeption durch Iteration aus der "transzendentalen Logik" und die Definition durch Abstraktion aus der "formalen Wissenschaftstheorie".

Apperzeption durch Iteration soll zunächst soviel heißen wie die Tatsache, daß das Bewußtsein einer Vorstellung als solche wieder bewußt sein kann, das Bewußtsein des Bewußtseins einer Vorstellung ebenfalls usf., daß jedes "Bewußtsein von .." iteriert zu werden vermag und daß dann aber mit dem iterierbaren Bewußtsein "ich habe bewußt etwas" oder "ich bin mir bewußt, daß ..." ganz im Sinne der "transzendentalen Apperzeption" Kants, danach "Das: Ich denke ... alle meine Vorstellungen" begleitet auch das "Ich", das "Selbst", also das "Bewußtsein meiner Selbst" - nur insofern es bewußt ist, gibt es ja dieses "Selbst" - in einem Vorgang der Reflexion auftritt, der vom Charakter einer Iteration mindestens essentiell begleitet ist, wenn nicht mit ihm gegeben ist. Definition durch Abstraktion meint hier die bewußte Erzeugung "neuer Objektreiche" (wie Hermann Weyl (5) sich ausgedrückt hat) über die "Äquivalenzklassen einer Äquivalenzrelation" (wie es bei Carnap heißt). Von Heinrich Scholz und Hermann Schweitzer ist dieser Prozeß sehr genau in "Die sogenannten Definitionen durch Abstraktion" 1935 beschrieben worden, so daß man ihn heute auch formal übersieht. Der wirksame Funktor heißt "Abstraktor", seine Anwendung dementsprechend "Abstraktion". Argument ist eine Aussageform, aus der der Funktor eine Klasse bildet. Für uns ist wichtig, daß der "transzendente Akt", der, wie ihn Nikolai Hartmann beschrieb "nicht im Bewußtsein allein spielt - wie Denken, Vorstellen, Phantasieakt - sondern das Bewußtsein überschreitet, aus ihm hinausreicht und es mit dem verbindet, was unabhängig von ihm an sich besteht ... es sind also Akte, die eine Relation herstellen zwischen dem Subjekt und einem Seienden, das nicht erst durch den Akt entsteht, "daß dieser Akt, sofern er auf "ansichseiende Gegenstände gerichtet" ist, jene Äquivalenzklassen ei-

ner Äquivalenzrelation benötigt, d.h. also sich mit Hilfe des Abstraktors auf "Seiendes" bezieht. Nikolai Hartmann(6) hat bis jetzt wohl am genauesten diese "transzendenten Akte" untersucht und alles, was er über sie, die "auch" Bewußtseinsakte sind, gesagt hat, daß sie das phänomenologische Prinzip der "Intentionalität" bewahren, daß sie sich durch den Charakter des "Erfassens" auszeichnen oder daß ihr "im=Bewußtsein=Haben" nur "das Haben des im Erfassen entstehenden Bildes" sei, benutzt ja die Wirksamkeit eines abstrahierenden dyadischen Funktors wie ihn der Abstraktor darstellt.

Was ich also zusammenfassend sagen will, ist, daß das Bewußtsein als dyadische Seinsfunktion aufgefaßt werden kann, die als dyadischer Seinsfunktor anwendbar ist und die neben anderem vor allem durch den transzendentalen Akt einer Ichseinsbildung und durch den transzendenten Akt einer Ansichseinsbildung gekennzeichnet werden kann, aber derart, daß der Prozeß der Transzendentalisierung als eine Apperzeption durch Iteration und der Prozeß der Transzendierung als eine Definition durch Abstraktion beschreibbar ist.

Nun ist klar, daß Iteration und Abstraktion, durch die sich das dyadische Bewußtsein auf das "Ich" und auf das "Ansich" bezieht, jeweils nur monadisch funktionieren können, also wie eine einstellige Seinsfunktion, d.h. wie ein Zeichenprozeß, denn das Zeichen ist ja, wie wir sahen, ein monadischer Seinsfunktor, der sich auf ein Seiendes bezieht, das somit "eingesetzt" werden kann. Und tatsächlich beziehen sich Iteration oder Abstraktion nur auf Zeichen. Nur Zeichen kann man iterieren und nur an Zeichen kann man abstrahieren. Die Bildung "Zeichen von Zeichen von Zeichen von Zeichen etc." ist sinnvoll, nicht aber "Stuhl des Stuhles des Stuhles etc." wenn dabei an den wirklich dastehenden Stuhl gedacht wird. Ähnlich wird der Abstraktor, der aus Tisch, Stuhl, Schrank etc. die Klassenbezeichnung Möbel bilden läßt oder aus "x raucht die Pfeife" die "Klasse der Pfeifenraucher" (Bochenskis Beispiel) nicht an realen Möbelstücken wirksam, weil ja real ein Möbelstück nicht existiert, sondern eben nur Tisch, Stuhl usw., sondern nur an den Zeichen für Tisch, Stuhl bzw. an der "Aussageform", die ja nicht anders als ein Zeichen ist.

Jedenfalls liegen hier die Ansätze für den Übergang von einer Ontologie des Bewußtseins zur Semiotik des Bewußtseins. Semiotik wird dabei sowohl als Theorie spontaner d.h. frei selektierbarer Zeichen und als Theorie der "Zeichenreihen" (Hermes) verstanden. Ich darf dazu noch anführen, daß wir im Zusammenhang mit der ontologischen Typentheorie zwischen Seiendem erster Ordnung und Seiendem zweiter Ordnung unterscheiden und unter Seiendem erster Ord-

nung für sich bestehendes, als solches sinnvolles, unabhängiges, abgeschlossenes Seiendes wie an sich bestehende Objekte, Dinge verstehen, während Seiendes zweiter Ordnung alles nicht selbständig für sich bestehendes und sinnvolles bzw. nichtabgeschlossenes Seiende wie es die Zeichen darstellen, zusammenfassen. Der Übergang von der Ontologie des Bewußtseins zur Semiotik des Bewußtseins innerhalb der Bewußtseinstheorie bedeutet also den Übergang von einer seinsthematischen zu einer zeichenthematischen Auffassung des Bewußtseins, die natürlich dem Übergang vom substanziellen zum funktionalen Bewußtseinsbegriff entspricht.

Die gnoseologische Rolle des Bewußtseins erscheint also in neuem Licht. Bewußtsein als "Haben von ..." im Sinne einer Tätigkeit kann als Zeichenprozeß eingeführt werden. Die Habenfunktion der Bewußtseinsfunktion erweist sich als Zeichenfunktion, die im Unterschied zur monadischen Seinsfunktion des bloßen Zeichens, als dreistellige Seinsfunktion aufgefaßt und als "Kommunikation" interpretiert werden kann. Ich habe im Anschluß an Peirce die Zeichenfunktion als triadischen Funktor beschrieben, der den Zeichenträger, das Etwas worauf sich das Zeichen bezieht und das vermittelt wird und schließlich den Interpretanten, der das Zeichen gibt oder empfängt als Argumente besitzt. Damit ist aber nach Meyer-Eppler auch das Modell einer Kommunikationskette für die elementare Beobachtung gegeben, in der das Objekt als Expedient und das Subjekt als Perzipient auftritt und Signale vermitteln. Mit Recht hat daher G. Günther schon 1952 unter Voraussetzung einer kybernetischen, d.h. über den Prinzipien der Steuerung und der Information gebildeten Terminologie von Bewußtsein im Sinne auf sich selbst reflektierbarer Information gesprochen.

Information ist genau wie Kommunikation im Medium des Seienden zweiter Ordnung, also im Medium der Zeichen natürlich nicht überraschend. Information und Kommunikation bilden die identisch eine triadisch gebaute Zeichenfunktion, die wir Bewußtsein nennen.

Eine Schwierigkeit für diese einem kybernetischen Bewußtseinsbegriff dienliche Auffassung bereitet der in der funktionalen und semiotischen Bewußtseinstheorie zu fordernde Zusammenhang zwischen Intentionalität im phänomenologischen und Information im statistischen Sinne. Es haben sich schon verschiedene Autoren mit diesem Problem beschäftigt, doch war es bisher nicht akut. Daß die Reduktion der intentionalen Problematik auf die Zeichenthematik ebenso unschwer gelingt wie die entsprechende Reduktion der Informationstheorie erhellt aus der Bedeutung des Zeichenbegriffs sowohl in der Phänomenologie wie auch in der Kommunikationstheorie. Ich verweise lediglich auf Husserls "Logische Untersuchungen" und auf Cherrys "Hu-

man Communication". Nicht so leicht zugängig ist allerdings die statistische Seite der Frage. Weaver hat betont, daß (intentionale) "Bedeutung" und (statistische) "Information" in einem reziproken, komplementären Verhältnis zueinander stünden. Er hat damit sagen wollen, daß der innovative Charakter der Information jenem Faktum in der Bedeutung widerspricht, der ihre intuitive Evidenz ausmacht, d.h. daß Unvorhersehbarkeit also der Augenscheinlichkeit im Vorgang des Erkennens tatsächlich entgegenarbeite.

Ich bin nicht sicher, daß diese oft zitierte Überlegung richtig ist. Sicher scheint mir nur, daß die Innovation in dem Maße die Information bestimmt wie die Intuition die Intentionalität. "Evidenz bezeichnet" wie Husserl in der "Formalen und transzendentalen Logik" schreibt, "die intentionale Leistung der Selbstgebung". Genauer gesprochen sei sie "die allgemeine ausgezeichnete Gestalt der 'Intentionalität' des 'Bewußtseins von etwas ...' (p. 141)". Da die "Selbstgebung" ausdrücklich als "originär" und als "intuitiv" gekennzeichnet wird (p. 141 ff.), ist sie "schöpferische Urstiftung" (p. 142). Man braucht nur daran zu erinnern, daß auch der innovative Charakter der Information als original (Moles) oder als kreativ (Bense) gedeutet werden kann, um deutlich zu machen, daß es wesentliche gnoseologische, semiotische und bewußtseinstheoretische Bestimmungsstücke gibt, die gleichermassen für das zutreffen, was man unter statistischer Information und für das, was man unter phänomenologischer Intentionalität versteht. Doch waren diese Dinge hier nur anzudeuten, ausführlich kann ich erst an anderer Stelle darauf eingehen. Anführen will ich lediglich noch die Bemerkung Husserls in der "Formalen und transzendentalen Logik", daß "die Selbstgebung, wie jedes einzelne intentionale Erlebnis, Funktion ist im universalen Bewußtseinszusammenhang. Ihre Leistung ist also nicht in der Einzelheit abgeschlossen, auch nicht die als Selbstgebung, als Evidenz, sofern sie in ihrer eigenen Intentionalität implizite weitere Selbstgebungen "fordern", auf sie "verweisen" kann, ihre objektivierende Leistung zu vervollständigen" (p.143). Wolfgang Patschke hat in seiner Dissertation "Die Beziehung zwischen Information und Intentionalität" 1959 zu zeigen versucht, daß auch der statistische Informationsbegriff intentional konstituiert sei und die durch von Cube gern benutzte Unterscheidung zwischen "subjektiver" und "objektiver" Information scheint mir ein Beitrag zu dieser Überlegung zu sein. Was aber zweifellos das in diesen Untersuchungen Entscheidende für eine allgemeine kybernetische Bewußtseinstheorie, wie ich jetzt sagen möchte, ist, besteht darin, daß es sowohl vom Standpunkt der statistischen Informationstheorie wie auch vom Standpunkt der phänomenologischen Intentionalitätstheorie jenen transzendentalen Ansatz gibt, der "alles Seiende" in der "Bewußtseinssubjektivität" konstituiert, - konstituiert im Sinne jener "operativen Einheit der Funktionen", deren eine z.B. die Intentionalität und deren andere die Informativität ist. Um dieser für "Bewußtsein" entscheidenden "opera-

tiven Einheit der Funktionen" willen, auf der G. Günther mit Recht so besteht, mußte der Zusammenhang zwischen dem intentionalen und informativen Charakter der "Bewußtseinsfunktion" auch hergestellt werden.

4. Soweit jedenfalls die operative Einheit seiner Funktionen als ein iterativ anwendbarer Funktor wirksam ist, gründet Bewußtsein in (subjektivierender) Transzendentalität; soweit dieser Funktor als dyadische Seinsfunktion beschrieben werden kann, konstituiert er (objektivierende) Transzendenz "An sich"; realisierbar als purer Zeichenprozeß (in Daten bzw. in Signalen technischer Provenienz ist dieses meta-technisch hier fixierte Bewußtsein relativ unabhängig, was Ort und Materialität seiner Realisierung anbetrifft. Doch in dem Maße als es als Funktion ablösbar ist von spezifisch humanen Bedingungen, wird die Funktion spezifisch was eben den Ort und die Materialität ihrer Realisierung angeht. Nicht die Funktion, nur die Realisierung kann also spezifisch sein. Es kann demnach im Prinzip stets nur die identisch-eine Bewußtseinsfunktion sein, von der die Rede ist, gleichgültig ob sie menschlich gegeben oder maschinell konstruiert ist. Die grundsätzliche Transportabilität der Bewußtseinsfunktion muß zugegeben werden, sofern sie als (informativer und intentionaler) semiotischer Ablauf darstellbar ist.

Es gibt Überlegungen Fichtes, vor allem in der "Transzendentalen Logik", ich sagte es schon, denen auch diese Auffassungen hier viel verdanken. Gotthard Günther hat sie bereits vorbildlich für eine Terminologie und Theorie der Reflexionsprozesse ausgenützt, durch die dieser Versuch einer allgemeinen ebenso phänomenologischen wie technologischen Bewußtseinstheorie angeregt worden ist. Mir scheint nun, daß es besonders eine Stelle der Fichteschen Überlegungen ist, die in unserem speziellen Zusammenhang aktuell bewertet werden kann. Die Stelle der "Transzendentalen Logik" (1812, Ed. 1912, p. 19), wo gesagt wird, daß "nicht das Ich", sondern "das Wissen" denke und daß "das Ich dies Geschäft reproduzieren, nachmachen, nachbilden" könne, sodaß "also nicht das ursprüngliche, sondern das nachgemachte ... das Produkt des Ich" sei. In diesem Sinne der Fichteschen "Transzendentalen Logik" ist die allgemeine Bewußtseinsfunktion primär und das menschliche Bewußtsein ihr Sonderfall, ihre Nachahmung, Reproduktion einer universal möglichen Relation.

Vorstehende Überlegungen rücken also die Zeichenfunktion, nicht die Urteilsfunktion ins Zentrum der Theorie des Bewußtseins. Bewußtsein ist primär von der Zeichenfunktion her verständlich, erst sekundär handelt es sich bei ihm um die Urteilsfunktion. Das entspricht einer kritischen Bemerkung Peirce's über Kant (6), in der er für den Vorrang einer Theorie der "signs of all sorts" gegenüber "his function of jugdement" in der Philosophie eintritt. Nietzsche hat meiner Auffassung nach die semiotische und informationstheoretische (kybernetische) Bewußtseinstheorie anti-

zipiert, als er in der "Fröhlichen Wissenschaft" notierte: " ... so darf ich zu der Vermutung weitergehen, daß Bewußtsein überhaupt sich nur unter dem Drucke des Mitteilungsbedürfnisses entwickelt hat" (Nr. 354).

Eingegangen am 28.7.1961

(Dieser Vortrag wurde erstmals bei der 5. Karlsruher Lerntagung am 28. Juli 1961 gehalten).

Schrifttumsverzeichnis:

1. Vergl. Menne-Bochenski: Logistik,
2. Peirce, Ch.S.: Collected Papers, Vol. VIII, 1958.
3. Bortkiewicz, L.v.: Die Iterationen. Leipzig, 1917.
4. H.Scholz und H.Schreitzer: Die sogenannten Definitionen durch Abstraktion. 1935.
5. Weyl, H.: Philosophie, Information, Mathematik u. Naturwissenschaften, 1928.
6. Hartmann, N.: Zur Grundlegung der Ontologie. 1935.
7. Shannon/Weaver: Math. Theory of Communication. 1949.
8. Peirce, Ch.S.: Collected Papers, Vol. I, p. 3oo,

UBER DAS BEWUSSTSEIN VOM STANDPUNKT DES MEDIZINERS

von Hans Grosch, Erlangen

Bewußtsein als eine nicht weiter rückführbare Qualität der seelischen Phänomene ist eine buntschillernde, vieldeutige Bezeichnung, die sich weder sachlich-inhaltlich noch begrifflich exakt definieren läßt. Vielfach wird Bewußtsein mit Seelischem überhaupt gleichgesetzt. Man sagt, psychische Phänomene ließen sich untersuchen und beschreiben nur dann und insofern, als sie bewußt oder bewußtseinsfähig seien. Was etwa an Unter- oder Unbewußtem vorhanden sei, befinde sich sozusagen im Vorhof der Seele. Unwillkürliche Regungen, Reflex-, Instinkt- und Triebvorgänge, die der Mensch mit weniger differenzierten Organismen gemeinsam hat, werden als "Psychoide" einem Bereich seelischer Vorstufen zugewiesen. Solche ubiquitären, apersonalen Mechanismen können zwar das tragende Fundament bewußter und bewußtseinsfähiger Leistungen und Erlebnisse bilden und sich somit in das eigentliche Psychische hineinerstrecken und -entwickeln, sind aber selbst noch nicht als vollgültig psychisch zu werten. Nach anderer Auffassung ist Bewußtsein im Sinne von Bewußtwerdung eine eigene Kategorie, die sich von den seelischen Leistungen und Vorgängen abheben läßt und quasi als begleitendes auch modifizierendes Epiphänomen in graduell verschiedenem Maße hinzutreten kann. Von mehr oder minder komplexhaften, amorphen vorgestaltlichen Primitiv-Assoziaten bis hinauf zum vollbewußten Umgang mit den Sprachzeichen und zu höchster Reflexion des sich als Selbst bewußt und innewerdenden Ichs stellt sich so eine kontinuierliche Reihe der seelischen Phänomene dar, die sich ohne genau bestimmbare Grenzen den Graden der Bewußtheit nach "endgestaltlich" ausdifferenzieren. Auch in der phylo- und ontogenetischen Reihe läßt sich der Ort oder Zeitpunkt des Auftretens bewußter Akte oder der Fähigkeit der Bewußtheit überhaupt nicht sicher bestimmen. Wir kennen Reaktionen unizellulärer Gebilde, die auf das Wirken einer Mneme, einer Art Urgedächtnisses schließen lassen könnten, womit vielleicht auch der Keim einer Bewußtseinsbildung gelegt sein könnte, und es zeigen sich be-

reits an der unteren Grenze des Tierreichs die Grundprinzipien des Nervensystems, Latenz, Nacherregung, Summation, Bahnung, Irradiation, in aller Deutlichkeit, ohne daß wir zu sagen wüßten, an welcher Stelle mitten in der stammesgeschichtlichen Entwicklungsreihe wir die Grenze hinsichtlich Bewußtheit zu ziehen haben (1). Auch intensive Untersuchungen des Säuglingsverhaltens, etwa über die Ursprünge der menschlichen Kommunikation und die ersten Objektbeziehungen haben wohl interessante Aufschlüsse über die Ablösung der egozentrischen Orientierung durch eine allozentrische, des Lustprinzips durch das Realitätsprinzip und die Ich-Entwicklung und Urteilsbildung sozusagen in statu naszendi erbracht, aber Bedingungen und Zeitpunkt der Bewußtwerdung sind auch hier nicht sicher faßbar und viele entscheidende Fragen, wovon nur die Bedeutung des Umweltfaktors genannt sei, bleiben unbeantwortbar (2). Auch die Kenntnisse über die Strukturen und Leistungen des tierischen und menschlichen Organismus, wie sie die reichhaltigen Ergebnisse morphologischer und physiologischer Forschung vermitteln, bringen uns der Klärung des Bewußtseinsproblems nicht näher. Was ich aus der Sicht des Mediziners, besonders des Neurologen und Psychiaters hier darzustellen habe, muß daher zunächst einmal sozusagen von dem Rohmaterial ausgehen, wie es sich aus der konkreten Beobachtung krankhafter Störungen im Bewußtseinsbereich ergibt. Dabei sollen Bewußtseinsvorgänge, sofern sie über den Einzelnen hinausgreifen in das Kollektive und soziale Wirkungen entfalten bzw. Spiegelungen und Modifikationen im Feld zwischen Ich - Du und Es gewinnen, nicht ausdrücklich behandelt werden.

Während manche Psychologen und auch Philosophen den Bewußtseinsbegriff einengen auf das Innerseelische, die vom Ich reflektierten und vergegenwärtigten Inhalte, das "Selbstbewußtsein", bezeichnen andere alles unmittelbar Gegebene, auch die erlebte und wahrgenommene Außenwelt als bewußt oder Bewußtseinsinhalt. Diese allgemeinere Fassung entspricht dem alltäglichen und auch dem ärztlichen Sprachgebrauch. Wenn etwa von Bewußtlosigkeit die Rede ist oder davon, daß ein Mensch "wieder zum Bewußtsein" gekommen sei, so ist damit offensichtlich das Verschwinden und Wiederkommen der gesamten Erscheinungswelt gemeint. Fällt dagegen das Ichbewußtsein aus oder ist das Selbstbewußtsein geschwächt oder geschwunden, spricht man nicht von Bewußtlosigkeit, sondern von Ent- oder Verrücktheit, von Depersonalisation, Außer-sich-sein u. ä. Handelt es sich lediglich um einen Verlust oder ein Entgleiten der gegenständlichen Gehalte, eine Störung der Vergegenwärtigung, der reproduzierenden Wiedererweckung, spricht man von Besinnungsstörung (3). Karl JASPERS hat in der "Allgemeinen Psychopathologie" 1913, mit der er wegweisende Grundsätze für die Analyse psychischer Krankheitsbilder aufstellte, folgendermaßen formuliert: "Das Ganze des momentanen Seelenlebens nennen wir das Bewußtsein. Bildlich stellen wir uns das Bewußtsein als Bühne vor, auf der die einzelnen seelischen Phänomene kommen und gehen, oder als das Me-

dium, in dem sie sich bewegen". "Unser gesamtes Seelenleben kann als Ganzes verschiedene Grade von Bewußtsein besitzen, vom klarsten Bewußtsein durch die Stufen der Bewußtseinstrübung bis zur Bewußtlosigkeit" (4).

Der Psychiater kennt zahlreiche Krankheitsbilder, in denen die Bewußtseinsklarheit des wachen Menschen abrupt erlischt bis zu totaler Auslöschung des personalen Ichbewußtseins und dem Verschwinden jeglicher Erlebnisinhalte, dem Herabfallen des Individuums in das dumpfe seelische Niemandsland, in dem bloße vegetative Mechanismen und a-psychische homöostatische Regulationen die letzte Barrikade vor der Schwelle zum organismischen Tod bilden. Zu nennen wären hier akute Vergiftungen, auch diabetisches und urämisches Koma, Hirnblutungen, traumatische Hirnläsionen, der epileptische Anfall. In anderen Fällen wird die Bewußtseinshelligkeit allmählich verdunkelt, stufenweise, wobei die Bühne im Halbdunkel verharren kann oder auch Licht und Schatten flackernd durchmischt sein und auf mannigfache Weise ineinander fließen können. In solchen halbluciden Zwischentönen kann es dann dazu kommen, daß verlorene Reste des Ichbewußtseins, Wahrnehmungs- und Erlebnisfragmente sich zu einem schemenhaften Halb- oder Unwesen konstituieren, in dem schattenhafte Ungestalten sich teils zu nie geschauten Bildern von überwältigender Aufdringlichkeit und unentrinnbarer Anschaulichkeit agglutinieren, teils in rätselhaften Nebelfetzen über die Szene irren. Total aufgelöst oder zerrissen und zerklüftet ist das Ich diesem archaisch-obskuren, geisterhaften Geschehen auf verdunkelter Bühne wehrlos ausgeliefert und vermag sich nicht zu vernünftigem Ordnen und distanzierender Betrachtung zu sammeln. So führt der Weg nicht nur aus der Klarheit über Dösigkeit, Benommenehit bis zur Bewußtlosigkeit, sondern auch zu zahlreichen Zwischenstufen der Umdämmerung, erregter Dämmerzustände, des Delirs mit ihren sogenannten positiven oder paradoxen Symptomen. Jedermann hat aus eigener Erfahrung der Ermüdung, des Einschlafens und Wiederaufwachens, aus Schlaf und Traum, auch vielleicht aus Fieberphantasien, Alkohol-Schlafmittel- oder Narkosewirkung einen gewissen Zugang zum Verständnis dieser verschiedenartigen Zustände abgesunkener Bewußtseinshelligkeit mit verschwimmendem Bewußtseinshorizont.

Es ist hier zu bemerken, daß manche psychiatrische Erfahrungen mit den Wirkungen bestimmter Medikamente, etwa des Pervitins oder auch bei Schreckreaktionen und bestimmten Psychosen es wahrscheinlich machen, daß es auch Zustände einer gesteigerten Wachheit gibt, in denen sich die Bühne des Bewußtseins zu übermäßiger Helle und Weite verändert. Das wache Bewußtsein erscheint danach als ein mittlerer Zustand, der in beiden Richtungen einer Veränderung fähig ist, sowohl nach einem Absinken hin, nach einer zunehmenden Benommenheit, Uninteressiertheit, Langeweile, Müdigkeit, wie nach der anderen Seite der Überwachheit, Lebhaftig-

keit, gesteigerten Interessiertheit, Man hat daher von einer polaren Struktur des Bewußtseins gesprochen (5). Aber auch, wenn man eine solche Hypervigilität etwa nicht im Sinne einer zur Benommenheit antipolaren Bewußtseinssteigerung interpretieren möchte, steht doch jedenfalls fest, daß das Bewußtsein als tragender Grund für alles Seelische erscheint, für dessen strukturelle Charakterisierung sich die Kategorien Helligkeit und Weite als am besten zutreffend anbieten. E. KRETSCHMER rechnet die Bewußtseinsfunktionen mit den Antriebsfunktionen und der Affektivität zu den "psychischen Zentralfunktionen" und meint, "daß den verschiedenen Bewußtseinsstufen wahrscheinlich verschiedene Schaltungen in den Gehirnsystemen entsprechen, indem die tieferen Bewußtlosigkeiten als reine Hirnstammfunktion unter Fortführung der lebenswichtigen vegetativen Leistungen, aber ohne Notwendigkeit einer Mitwirkung der Hirnrinde aufzufassen sind, während die verschiedenen Bewußtseinsstufen von hier aufwärts bis zum hellsten Tagdenken als verschieden umfangreiche Einschaltungen einzelner oder aller Rindensysteme in den vegetativen Ablauf anzusehen wären". "Bildlich ausgedrückt können die Bewußtseinsstufen mit der Einschaltung verschiedener 'Gänge' in einem Triebwerk verglichen werden" (6). Ob man nun Veränderungen des wachen Bewußtseins allein in der Richtung zum Schlaf und zur Bewußtlosigkeit hin sieht, oder ob man eine polare Struktur mit Veränderlichkeit auch in sozusagen positiver Richtung zur Hypervigilität anerkennen will - das Bewußtsein stellt sich in solcher Betrachtung als eigene Größe dar, als autonome Instanz, die in unspezifischer Weise zunächst einmal die conditio sine qua non schafft dafür, daß psychisch überhaupt etwas geschieht und möglich wird.

Hat die Bühne - des Bildes von JASPERS - aber wirklich keine andere Bedeutung, als in eigener Selbstherrlichkeit unbekümmert um das, was auf ihr geschieht, Raum und Licht zu liefern? Mit der Fragestellung ist bereits ohne weiteres auch die Antwort gegeben, daß sich die räumliche Erstreckung und Ordnung wie auch die Beleuchtung der Bühne - soll das Spiel gelingen - nach dem gesamten Szenarium, dem jeweiligen Geschehen auf ihr zu richten hat. Ist der bildliche Vergleich mit der Bühne zutreffend, dann muß, was für das Bild gilt, auch für das Abgebildete stimmen. Wir kennen nun in der Tat Krankheitsbilder und psychische Veränderungen, die zeigen, daß das Bewußtsein nicht nur sein eigengesetzliches Wesen treibt im Rahmen bloß quantitativer Intensitätsschwankungen in seinen Dimensionen, sondern daß es über seine statisch-fundamentale Elementarwirkung hinaus sich in bestimmte, spezifische Bereiche des Seelischen hinein ausbreitet. Aus pathologischen Zuständen lassen sich beispielsweise am wahrnehmenden Erleben bestimmte primäre Eindrucksqualitäten herausheben und unterscheiden.

V o r allem gestaltlichen Erfassen der Wirklichkeit gibt es offenbar ein ganz primäres Erleben der A n s c h a u l i c h k e i t. Wir kennen Krankheitszustände, in denen

diese Anschaulichkeit verändert oder gestört ist. Die Kranken sagen dann, "ja, ich weiss zwar, was hier vor mir steht, ist ein Baum, aber er erscheint mir so eigenartig unwirklich, so als ob er gar nicht recht da wäre, so als ob ich ihn nur im Film, auf einem Bild oder durch eine Glaswand hindurch sähe. Ich habe nicht das Gefühl, daß ich direkt nach ihm greifen kann, daß er unmittelbar vor mir steht, daß ich etwas damit anfangen kann. Trotzdem weiß ich, es ist ein Baum". Die Gegenstände erscheinen also hier seltsam unanschaulich. Sie werden zwar erkannt und können auch benannt werden, aber es fehlt irgendetwas, es mangelt an Wirklichkeitsgrad. Die Dinge stehen nicht als reale Objekte dem Ich gegenüber, sie werden begriffen, entziehen sich jedoch dem Zugriff.

Als weiteres Element der Konstituierung der Wahrnehmungswelt ist die Eindrucksqualität der B e k a n n t h e i t herauszuheben. Jedermann weiß, man hat in bestimmten Landschaften, in bestimmter menschlicher Umgebung das Gefühl der Bekanntheit. Das kenne ich, das habe ich schon einmal gesehen, das ist mir vertraut. Dieses Erlebnis hat nichts etwa mit dem Gedächtnis oder Erinnern zu tun, sondern mit einer ganz unmittelbaren Beziehung zur Außenwelt. Es kommt mir etwas bekannt oder unbekannt, heimisch, traulich oder auch fremdartig vor. Jedenfalls hat der Mensch auf dieser Ebene, in dieser Dimension der Bekanntheit eine ganz bestimmte Beziehung zur Außenwelt. Auch diese Komponente des Wahrnehmens und Erlebens kann in krankhaften Zuständen verändert sein. Es sei hier von einem jungen Menschen berichtet, der bei einem Unfall eine schwere Hirnschädigung erlitten hatte und nach mehreren Wochen für einige Tage aus der Klinik beurlaubt wurde. Er hatte sehr darum gebeten, er möchte seine Familie wieder sehen, möchte wieder einmal zu Hause sein. Er kam zurück in die Klinik und machte einen deprimierten Eindruck. Auf entsprechende Fragen hin berichtete er nun folgendes: es sei ganz merkwürdig gewesen zu Hause. Er habe zwar seine Eltern, seine Geschwister wiedergesehen, er sei zwar in sein gewohntes Zimmer gegangen. Alles sei so gewesen wie früher, er habe es auch erkannt und doch habe er immer wieder hinschauen müssen, ob es das auch wirklich sei. Es sei ihm so vorgekommen, als ob das überhaupt alles zum ersten Mal in seinem Leben aufgetaucht sei und trotzdem wisse er doch ganz genau, daß das eben seine Wohnung, sein Zimmer, seine Eltern und seine Angehörigen waren. Es gibt also eine ganz eigenartige Veränderung der Bekanntheit, Bekanntes kommt unbekannt vor. Auch das andere kommt vor, daß etwas Unbekanntes ganz aufdringlich als schon einmal dagewesen erscheint. Das Erlebnis des déjà vu, wie es die Franzosen genannt haben, ein Erlebnis, das nicht nur pathologischen psychischen Verfassungen vorbehalten ist, sondern das manche von Ihnen vielleicht auch schon hatten. Man steht etwa vor einem Schaufenster, sieht eine Auslage und auf einmal hat man das Gefühl, "alles war schon einmal ganz genau so, alles hast Du genau so erlebt. Du hast auch nachmittags vor diesem Schaufenster gestanden, es hat auch geregnet, es kam ebenfalls ein Herr mit

Schirm von rechts, es fuhr genau so ein Auto hinter mir hupend vorbei und es trat auch gerade jemand aus der Türe des Geschäftes". Das kann man im Zustand der Zerstreutheit oder der Ermüdung erleben, es erleben aber auch z.B. Epileptiker als sogen. Aura, als Vorbotenstadium des Anfalls oder auch als Anfallsäquivalent, dieses aufdringliche Bekanntheitsgefühl "das war schon einmal in allen Details genau so da". Also auch wieder eine Eigenart des Wahrnehmens, sozusagen vor ihm einfach vorhanden, aufdringlich und nicht abweisbar, mit dem Erlebnis der Gewißheit: es ist so, ich kann mich dem nicht entziehen.

Und schließlich die Bedeutungsqualität. Es gibt auch Zustände, in denen Kranke Wahrnehmungen, die inhaltlich, ihrem gegenständlichen Gehalt nach klar und präzise sind und einwandfrei kategorisiert werden, aber in sonderbarer Weise in einer ganz bestimmten Bedeutung anmuten. Eine Eisenbahnschranke senkt sich, das hat zu bedeuten, jetzt ist der Vater gestorben oder in diesem Augenblick bricht der Krieg aus, oder morgens beim Erwachen ein Vogelruf ist nicht einfach ein Zeichen, daß es eben Morgen wird, daß die Vögel anfangen zu singen, sondern dieser Vogelruf ist so eigenartig, er ist so schrill, er hat etwas zu bedeuten. Ich weiß es vielleicht nicht, aber vielleicht hat es zu bedeuten, daß mir heute etwas ganz bestimmtes - bedrohlich oder erfreulich - bevorsteht. Auf der anderen Seite die sichere Bedeutung von Dingen und Geschehnissen als selbstverständlicher Gehalt der Wahrnehmungen des wachen und bewußten Menschen.

Es gibt also offenbar primäre Eindrucksqualitäten der Wahrnehmung und des Erlebens, in denen die Umwelt praelogisch und praegnostisch, bildhaft physiognomisch erfaßt wird, sich in bestimmten umrißhaften, vorgestaltlichen Bildern in überzeugenden Gehalten darstellt. Diesen von KLEIST so genannten Wesensleistungen, die nach seiner Ansicht an Funktionen des Stamm- und Zwischenhirns gebunden sind (7), kann im klaren Bewußtsein distanzierende Stellungnahme und kritische Auseinandersetzung mit dem Willen rationaler, empirisch kategorialisierender Verarbeitung gegenüberstehen. Sicher aber fließen solche bildhaften Anmutungen und komplexhaften Bildqualitäten in das endgültige Urteil, in die Stellungnahme und das definitive Erleben mit ein. Für diesen Zusammenhang ist wichtig, daß Veränderungen auf dieser Ebene der Umwelterfassung vor allem vorkommen in Zusammenhang mit und im Umkreis von Bewußtseinsstörungen. Nicht nur etwa als Vorboten eines epileptischen Anfalles in einem Stadium, in dem also sicher das Bewußtsein schon leicht verändert ist, sondern auch in Zuständen nach Gehirnerschütterung, bei Intoxikation, bei Infektionskrankheiten, bei Hirntumoren und verschiedenartigen anderen Erkrankungen des Zentralnervensystems, schließlich aber auch beim Gesunden im Zustand der Zerstreutheit, der Ermüdung und damit ja auch der Erschlaffung des Bewußtseinstonus, der Schwächung seiner intentionalen Leistungen

und Tendenzen. Wesentlich ist daran, daß ohne ausgeprägte generelle Umdämmerung oder Benommenheit einzelne Erlebnisbezirke und Leistungen in ihrer Helligkeit und Konturierung, d.h. also hinsichtlich des Bewußtseinsfaktors, verändert sein können.

Auch D e n k e n und S p r e c h e n sind nicht als höchstdifferenzierte Sonderleistungen des Menschen anzusehen, die mit dem Bewußtsein etwa nichts weiter zu tun hätten, als daß sie bloß einer allgemeinen Wachheit und Bewußtseinsklarheit bedürften, vergleichbar einem komplizierten Apparat, der zunächst einmal angeheizt, mit Strom oder irgendeiner Grundenergie versorgt werden muß, damit er dann in spezifischer Weise funktionieren kann. Dem rationalen, logisch geordneten Denken und der syntaktisch gegliederten Rede geht etwas voraus, was man als Meinen (8), als innere Sprache und Denk-Rede-Entwurf (9) bezeichnet hat. In der Rede und im Denkakt kennt jeder aus eigener Erfahrung labile Vorstufen, in denen Einwände, Überzeugungen und umrißhafte Wort- und Redebilder auftauchen, prälogisch, präverbal, aus denen sich auf verschlungenen Wegen in mannigfacher Auseinandersetzung, ja oft in kontrapunktischer Vielfalt und dialektischem Wechselspiel der endgültige Gedanke und die definitive kategorial gegliederte Wort- und Redegestalt heraushebt. In Zuständen verminderter Bewußtseinsklarheit, auch bei Ermüdung und Zerstreutheit, wie beispielsweise auch bei manchen Geisteskranken im Zusammenhang mit tiefgreifenden Veränderungen der Affektivität, der Trieb-Willensvorgänge mit Schwächung der intentionalen Spannung bleiben dann Denk- und Redeansätze und -entwürfe in solchen keimhaften Anmutungen stecken und kommen aus dem Urnebel ungestalteter Bildkonglomerate nicht an das Tageslicht scharf konturierter Gedankenfolgen und Aussagen von erkennbarer Ordnung und Gliederung. In der neueren Lyrik und Prosa sehen manche Autoren einen Gewinn und suchen künstlerische Wirkung darin, daß sie absichtlich versuchen, die Ebene der Klarheit und Eindeutigkeit zu verlassen und sich sozusagen von oben in dieses Reich seherischen Bilderlebens und irrational-urtümlicher Weltbegegnung hineinzuversenken, um allzu eindeutigen und damit oft konventionell nivellierten Gestaltungen auszuweichen, deren farblose, unindividuelle Objektivität im Sinne einer Gegenständlichkeit im weitesten Sinne sie fürchten.

Auch in der B e w e g u n g dürften solche, von Bewußtseinsvorgängen abhängige Primärkomponenten enthalten sein. Wenn beispielsweise durch Schädigung bestimmter Strukturen des Zentralnervensystems Willkürbewegungen ausfallen oder geschwächt sind, die man ja wohl höheren Bewußtseinsgraden zuweisen muß, dann treten globale Komplexbewegungen an ihre Stelle - etwa an Stelle einer isolierten Hebung eines Fingers oder der Hand wird der ganze Arm, die Schulter gehoben, wobei oft der ganze Körper mitmacht in Form entsprechender Rumpf- und Kopfbewegungen

etc. Die erworbene Fertigkeit, die erlernte differenzierte Willkürbewegung wird also ersetzt durch ein komplexhaftes Bewegungsmuster, eine kompakte motorische Schablone, die in vergröberter, verallgemeinerter Form das vorgeordnete Grundthema, den Hintergrund, die Kulisse in pauschaler Generalisierung bildhaft repräsentiert. Neurophysiologisch spricht man von Bahnung und Hemmung, weiß, daß es wesentliche Aufgabe einer Willkür- und Zielbewegung ist, eine bestimmte Bahn einzuschlagen und einzuhalten, wobei viele Einrichtungen dafür zu sorgen haben, daß eine Irradiation des Impulses vermieden wird. Die Beobachtungen und Erfahrungen aus der Pathologie sprechen aber nun dafür, daß das, was verhindert, gehemmt, unterdrückt oder vermieden werden muß, nicht etwa bloß Störung, lästiges Mitschwingen des gesamten Apparates auf Grund einer in unspezifischer Weise generell angeregten Gesamtaktivität ist, sondern daß bereits der primäre Antrieb und antecipierte Entwurf klar umrissen und begrenzt sein muß im Sinne einer virtuellen Modell-Skizze, aus der heraus und in deren Rahmen sich schließlich der Endeffekt herauskristallisiert (1o, 11).

Die menschliche Bewegung ist zwar auch Muskelchemismus, Agieren der Muskeln, Sehnen und Verstellen der Skelett-teile oder des ganzen Körpers, wesentlich ist aber das virtuelle Vorwegnehmen, der innere Bildentwurf, also neben allgemeinem Antrieb und elementarer Aktivität und Wachheit ein spezifisches richtunggebendes und themastiftendes Streben nach bestimmter Haltungs-, Stellungs- oder Ortsveränderung. Auch hier wieder der Hinweis, daß und wie Bewegungen und Handlungen verfehlt werden, trotz funktionstüchtigem Exekutivapparat, wenn Zerstreutheit, Ermüdung, Unaufmerksamkeit oder Benommenheit oder auch etwa hypervigile Bewußtseinssteigerung den dirigierenden Entwurf einer solchen Skizze, eines Grundrisses nicht zulassen.
Es sei schließlich noch erwähnt, daß auch bei herdförmigen Hirnschädigungen, durch die höhere Leistungen des optischen Erkennens, des Sprachverständnisses, der Wort- oder Namensfindung, des taktilen Erkennens, der Raumorientierung, konstruktiven Handelns u.a. erschwert oder unmöglich werden, Störungen des Allgemeinverhaltens solcher Kranker resultieren, die u.a. vor allem durch eine gesteigerte Umweltkohärenz, wie man gesagt hat (12), gekennzeichnet sind und, obwohl keine gröbere elementare Benommenheit besteht, doch ohne Zweifel mit einer Einengung des Bewußtseinshorizontes einhergehen. Es ist einmal in einem grob- bildlichen Vergleich gesagt worden, man könne eine beleuchtete Wohnung sowohl dadurch verdunkeln, daß man die zuführende Hauptleitung unterbricht, wie auch dadurch, daß man alle Birnen herausschraubt. In diesem Sinne entsteht auch in solchen Fällen eine gewisse Verdunkelung, bei denen nicht das Bewußtsein sozusagen als vis a tergo vermindert ist, sondern Störungen und Schwächungen mehr oder minder heraushebbar Einzelleistungen und -fähigkeiten den gesamten Bewußtseinstonus in Mitleidenschaft ziehen.

Aufgrund solcher Erfahrungen und Beobachtungen gelangt man demnach zu der Vorstellung, daß das Bewußtsein zwar eine elementare, möglicherweise polar strukturierte energetische Instanz des Organismus darstellt, im wesentlichen im Quantitativen, in der Intensität veränderlich und schwankend, wobei auch der physiologische Rhythmus Schlaf - Wachen nicht unerwähnt bleiben soll, daß diese raumgebende und Helligkeits - stiftende Grundenergie aber sich zugleich auch gleichsam wie mit Pseudopodien in einzelne seelisch-geistige Erlebens- und Leistungsbezirke hineinvorarbeitet und deren Schlußeffekte und Endgestalten archaisch-bildhaft vorwegnehmend vorbereitet. Diese Auffassung, wie sie etwa der Schichtentheorie und der Gestaltpsychologie mit der Lehre von der Aktualgenese entspricht, würde aber fehlgehen, wollte man in solcher Modellvorstellung lediglich eine Bewegung und Dynamik von "unten" nach "oben", eben im Sinne der Ausdifferenzierung von Endgestalten aus Gestaltskeimen in einem genetischen Prozeß in einer Richtung sehen. Wir haben vielmehr anzunehmen, daß es sich um eine dialogische Dynamik handelt.

Hierzu zum Abschluß dieser Betrachtungen noch einige Bemerkungen. Das Schweigen ist mehr und anderes als bloßes Nicht-Reden. Wo das Wort aufhört, fängt zwar das Schweigen an, aber es fängt nicht an, weil das Wort aufhört, es ist ein Phänomen für sich. Das Wort verkümmert, wenn es den Zusammenhang mit dem Schweigen verloren hat. Das Wort als die Rückseite des Schweigens, so wie das Schweigen als Rückseite des Wortes. Mit solchen unübertrefflichen lapidaren Feststellungen hat Max PICARD (13) das Schweigen als das große Urphänomen mit seiner unauslotbaren Tiefe und Fülle wunderbar gedeutet. Das Wort, entartet es nicht zu bloßem Wortgeräusch, schöpft aus dieser Fülle und Tiefe des Schweigens. Nicht also gestaltliche Differenzierung, genetischer Prozeß vom Nicht-Reden zum Wort, sondern dialogisches Verhältnis zwischen dem gesprochenen und geschriebenen Wort, der Welt der dem Menschen eigenen Zeichen und Symbole und der Welt des Schweigens. Auch im Verhältnis des Menschen zur Umwelt tritt dieses dialogische Prinzip seiner Seinsform in Erscheinung. Ein selbständiges Gegenüber gibt es nur für den Menschen. Gegenüber dem Bereichsbild des Tieres, einer einfachen Dynamik der Präsenzen, die durch dsa leibliche Gedächtnis nach den Erfordernissen der zu leistenden Lebensfunktionen miteinander verbunden sind, setzt der Mensch an Stelle dieser unsteten Konglomerate eine von ihm als für sich seiend vorstellbare oder denkbare Einheit. Dem abgerückten Zusammenhang des Seienden wendet sich der Mensch zu und tritt zu ihm in Beziehung. So spricht M. BUBER davon, daß sich das Prinzip des Menschseins in einer doppelten Bewegung aufbaue. Nur die Anschauung des mir gegenüber welthaft Wesenden in seiner vollen Gegen- [illegible] ich, selber als Gesamtperson gegenwärtig mich in die Beziehung [illegible] dem Menschen Welt. Urdistanz und Beziehung nennt BUBER die-

se ineinanderfließenden dialogischen Bewegungen (14, 15).

In solcher dialogischen Bewegung haben wir uns wohl auch die Bewußtseinsfunktion zu denken. Das Bewußtsein spendet Helligkeit und Raum und stellt die Bühne - empfängt aber wiederum sozusagen von den Außenposten, den höheren psychischen und geistigen Bereichen der Persönlichkeit seinerseits Anregungen. Nicht nur Talente, hochentwickelte optimal leistungsfähige Sphären werden von dem Scheinwerferkegel des Bewußtseins angestrahlt und dienen zu dessen Aktivierung, sondern auch schwache Stellen, Gebiete besonderer Labilität, Verwundbarkeit und Insuffizienz ziehen die Bewußtseinsaktivität an sich. Man tut nicht nur das gern und mit voller Helligkeit des Bewußtseins, was gut und glatt funktioniert, sondern auch der Mangel, das, was offen bleibt, was mißlingt und nicht zum Abschluß kommt, wird oft zum Zentrum besonders aktiven Bewußtseins. So kann man beispielsweise bei bestimmten umschriebenen hirnpathologischen Leistungsstörungen immer wieder beobachten, wie die Kranken dazu neigen, wie fasziniert gerade den Weg einzuschlagen, der blockiert oder behindert ist und sich schlecht auf Hilfen und Umwege einstellen können. Auch die Individualpsychologie von A. ADLER, der den Minderwertigkeitsvorstellungen und -erlebnissen die vorherrschende Bedeutung für die Dynamik der Persönlichkeitsreaktionen und -entwicklungen zugewiesen hat, wäre hier zu nennen. Der Techniker wird vielleicht eine gewisse Analogie darin sehen, daß auch bei Regelkreisvorgängen stets die schwache, offene Stelle den Mechanismus im Gang hält und bestimmt.

Im philosophisch dialektischen Sinne wird die Frage, ob eine Gegebenheit wahr oder falsch ist, davon abhängig gemacht, welche Stelle sie in dem System des Ganzen einnimmt. Als jeweiliger Vorgänger eines nachfolgenden Gliedes ist die betreffende Gegebenheit falsch, als jeweiliger Nachfolger eines Vorgängers ist sie wahr (16). In ähnlicher Weise ist das Verhältnis zwischen Bewußtem und Unbewußtem zu sehen. Das Unbewußte könnte man, sofern man es überhaupt gelten lassen will, als das unbekannte Psychische ansehen, das, wenn es zu Bewußtsein käme, sich in nichts von den uns bekannten psychischen Inhalten unterscheiden würde: alles, was ich weiß, an das ich aber momentan nicht denke, was einmal bewußt war, jetzt aber vergessen ist, was von den Sinnen wahrgenommen, aber vom Bewußtsein nicht beachtet wird, was ich absichtslos, unbewußt fühle, denke, erinnere, will und tue, alles Zukünftige, das sich in mir vorbereitet und später erst zum Bewußtsein kommen wird und schließlich auch die psychoiden Funktionen, die bewußtseinsunfähigen, von deren Existenz wir nur indirekt Kunde haben. Da es keinen bewußten Inhalt gibt, von dem man mit Sicherheit behaupten könnte, daß er einem total bewußt sei, gelangt man mit C.G. JUNG zu dem paradoxen Schluß, daß es keinen Bewußtseinsinhalt gibt, der nicht in einer anderen Hinsicht unbewußt wäre.

JUNG nimmt angesichts der Verwandtschaften, aber auch Andersartigkeit des Unbewußten gegenüber dem Bewußten ein "approximatives Bewußtsein" als Mittelding an (17). Auch hier also wieder keine eindeutige Grenzziehung, sondern dialogische Bewegung nach beiden Richtungen.

So gelangen wir zu dem Ergebnis, daß es von den bewußtseinsunfähigen präpsychischen Psychoiden über das Unbewußte und mannigfache Zwischenstufen eine Reihe bis zur Bewußtheit einzelner seelisch-geistiger Akte und schließlich dem Selbstbewußtsein des individuellen Ichs gibt. Diese Reihe darf weder statisch nach Art geologischer Schichten, noch genetisch als in einer Richtung von unten nach oben gehender Entwicklungsprozeß (Aktualgenese) gesehen werden, sondern wir nehmen eine schwingende Dynamik an, ein dialogisches Spielen und Treiben, das aus seiner jeweiligen individuellen Struktur heraus bestimmte mehr oder minder konstante Einstellungen und Dispositionen ermöglicht und nahelegt, ja mitunter aufzwingt, das aber auch als variable Klaviatur dem Ich in bestimmten Vorzugsdimensionen und unterschiedlichen Umfang zur Verfügung steht. Einheitlichkeit der Persönlichkeit, Konstanz des Ichs, erscheint in dieser Vorstellung nicht als prästabilisierte Harmonie, sondern als Ausdruck des dialogischen Prinzips der menschlichen Natur mit der nie aufhörenden Spannung relativ konstanter individualspezifischer und andererseits aktuell variabler von innen und außen angeregter Einstellungen bei grundsätzlich ubiquitärer Chance bzw. Gefährdung starrer Fixationen oder gar pathologischen Einstellungswandels.

Die hier vertretene Auffassung von der dialogischen Funktion des Bewußtseins findet eine gewisse Bestätigung und Stütze auch vom Etymologischen insofern, als syneidesis, conscientia, conscience (franz. und engl.) und conscious sowohl die Bedeutung Bewußtsein als auch Gewissen tragen. Der Mensch ist im Bewußtsein sein eigener Mitwisser. Bewußtsein also auch hier nicht nur tragender Grund alles Seelischen, sondern auch als Mitwisserschaft und Gewissen regulatives Prinzip, Feld innerer Korrekturen und Abstimmungen des Ichs nicht nur mit dem apersonalen "Es" psychoider Triebkräfte und archetypischer Erlebnismatritzen, sondern auch mit dem reflexiven Spiegel des Selbst und womöglich den Ansprüchen, Forderungen und Projektionen eines ideellen "Super-Ego" (18).

Eingegangen am 28. Juli 1961

(Diese Arbeit lag dem Vortrag des Verfassers bei der 5. Karlsruher Lerntagung am 28. Juli 1961 zugrunde).

Schrifttumsverzeichnis:

1. Ebbecke, U.: Physiologie des Bewußtseins in entwicklungsgeschichtlicher Betrachtung. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 1959.
2. Spitz, Rene, A.: Nein und Ja (Die Ursprünge der menschlichen Kommunikation). Ernst Klett Verlag, Stuttgart.
3. vergl. hierzu: Metzger, W.: Psychologie. Dr. Dietrich Steinkopff, Darmstadt, 2. Aufl., 1954,
4. Jaspers, K.: Allgemeine Psychopathologie. Springer-Verlag, Berlin und Heidelberg, 1913.
5. Zutt, J.: Über die polare Struktur des Bewußtseins. Nervenarzt, 16. Jahrgang, 1943, 145 - 162.
6. Kretschmer, E.: Medizinische Psychologie. Georg Thieme Verlag, Stgt., 1951.
7. Kleist, K.: Gehirnpathologie. Johann Ambrosius Barth, Leipzig, 1934.
8. Bühler, K.: Sprachtheorie. Gustav Fischer Verlag, Jena, 1934.
9. Kainz, F.: Psychologie der Sprache. Ferdinand Enke-Verlag, Stgt., 1954-1956.
1o. Grosch, H.: Partielle Blockierung der Blickmotorik und Seitenorientierung bei motorischer Halbseitenschwäche. Nervenarzt, Jahrg. 28, 1957, S. 3o6 - 315.
11. Buytendijk, F.: Allgemeine Theorie der menschlichen Haltung und Bewegung. Springer Verlag, Berlin u. Heidelberg 1956.
12. Goldstein, K.: Veränderungen des Gesamtverhaltens bei Hirnschädigung. Arch. Psychiatr. 74, 37o (1925).
13. Picard, M.: Die Welt des Schweigens. Eugen Rentsch Verlag, Erlenbach-Zürich, 1948.
14. Buber, M.: Urdistanz und Beziehung. Lambert Schneider-Verlag, Heidelberg, 196o.
15. Buber, M: Die Schriften über das dialogische Prinzip. Lambert Schneider-Verlag, Heidelberg, 1954.
16. zit. nach Heiss, R.: Wesen und Formen der Dialektik. Kiepenheuer und Witsch, Köln, 1959.
17. Jung, C.G.: Von den Wurzeln des Bewußtseins. Rascher-Verlag, Zürich, 1954.
18. vergl. hierzu Freud, S.: Vorlesungen zur Einführung in die Psychoanalyse. Gustav Kiepenheuer, Berlin, 1933.

UBER EINEN ABSTRAKTEN PERZEPTIONSBEGRIFF

von Helmar Frank, Waiblingen/Karlsruhe.

§ 1. Problemstellung.

Wir hatten in einer früheren Arbeit (1961 b, § 2.1) jedes System, das eine Außenwelt ("Objektwelt") beobachtet, "Perzeptor" genannt. Jede Reaktion eines Perzeptors auf ein Objekt der Außenwelt nannten wir ein Perzeptionsereignis, wobei das Perzeptionsereignis im simultanen Ansprechen der endlich vielen, als Rezeptoren anzusprechenden, binären Meßelemente des Perzeptors bestand (a.a.O. § 2.2). Die Einschränkung auf binäre Rezeptoren ist zwar aus den seinerzeit angeführten Gründen für die Leistungsfähigkeit des Perzeptors praktisch keine Einschränkung, wohl aber wird dadurch der Begriff des Perzeptors auf Systeme mit sehr beschränkter Funktionsmöglichkeit eingeschränkt. (Die menschlichen Sinnesorgane würden zu diesen Systemen nicht gehören.) Diese Einschränkung wird im folgenden fallengelassen. Es ergibt sich dann ein mathematisch faßbares System, dessen Funktion eine bessere Approximation dessen erlaubt, was herkömmlich "Perzeption" genannt wird. Dieser Begriff erhält dabei eine von zufälligen Besonderheiten organischer Perzeptoren abstrahierende Definition. Ein nachrichtentechnisch realisiertes Modell des verallgemeinerten Perzeptorbegriffs wird nach Steinbuch(vgl. Steinbuch und Frank, 1961) abschließend kurz beschrieben.

§ 2. Perzeption und Apperzeption.

Der Wahrnehmungsprozeß wird für informationspsychologische Untersuchungen gemäß Bild 1 in zwei Teilprozesse zerlegt (Frank, 1960 b, 1961 a, c, d):

1) in die Phase der Perzeption, welche noch unbewußt verläuft,
2) in die anschließende Phase der Apperzeption, welche ein Bewußtseinsprozeß ist.

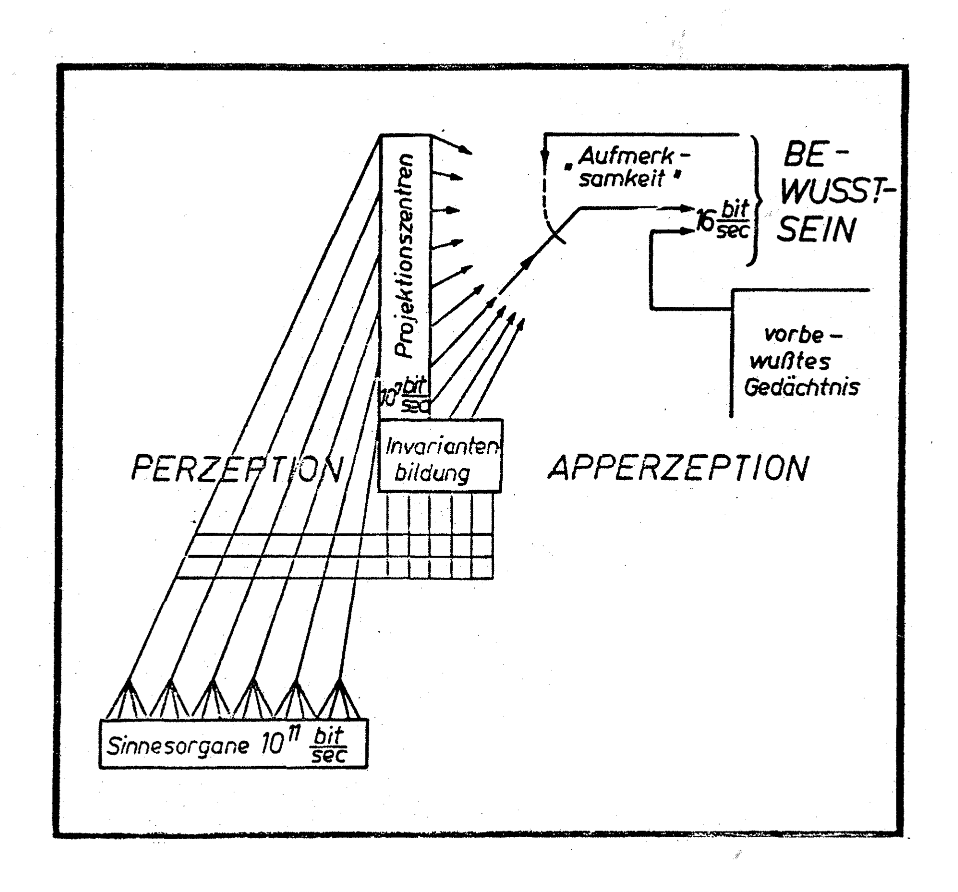


Bild 1. DIE BEIDEN PHASEN DES WAHRNEHMUNGSPROZESSES (schematisch)

Dabei umfaßt diePerzeption die Reizverarbeitung durch die Sinnesorgane, die Übermittlung dieser verschlüsselten Information an die Zentren und die dort unbewußt erfolgenden Verarbeitungsprozesse. Die Apperzeption besteht in der bewußten Zuwendung der Aufmerksamkeit zu Teilen der vermöge der Perzeption verfügbaren Information und in der bewußten Verarbeitung, z.B. durch Verknüpfung mit Gedächtnisinhalten (Assoziation der semantischen Zeichenfunktion; vgl. Frank, 1959, § 4.4, 196o a, § 1, sowie Gunzenhäuser u.F., 1960, Schema 1).

Bild 1 ist eine modellmäßige Vereinfachung der Wirklichkeit, denn es erfaßt z.B. Rückwirkungen der Apperzeption auf die Perzeption nicht. (Solche Rückwirkungen kommen u.a. in der Augenbewegung als Folge wandernder Aufmerksamkeit zum Ausdruck).

Für einen abstrakten Begriff der Perzeption scheinen uns folgende Eigentümlichkeiten der menschlichen Perzeption wesentlich zu sein:

1) Die Außenweltobjekte können (z.B. magnetische) Merkmale haben, gegen deren Änderung die Meldungen der Rezeptoren (Sinnesorgane) invariant sind.
2) Von den Rezeptoren unterschiedene Objekte können (durch Informationsverlust) der Apperzeption als dieselben Objekte angeboten werden.
3) Der Apperzeption werden nicht Mengen von Einzelinformationen sondern zu Einheiten synthetisierte Objekte angeboten.
4) Invariantenbildungen (Gestaltwahrnehmung) erfolgen (auch) schon während der Phase der Perzeption.

Es wird nun eine mathematische Beschreibung eines Perzeptors versucht, welcher eine Perzeption im Sinne dieser vier Bedingungen leistet.

§ 3. Mathematische Beschreibung eines nichtdigitalen Perzeptors.

3.1 Die Außenweltobjekte und die Merkmalfunktion.

Die Außenweltobjekte mögen durch Merkmale $a(v)$ gekennzeichnet sein, wobei $0 < v \leq n$ (n eine natürliche Zahl) sei. Die Menge der verschiedenen Merkmale hat also höchstens die Mächtigkeit des linearen Kontinuums. Der Wertevorrat der Merkmalfunktion $a(v)$ kann, aber muß nicht, auf zwei Werte beschränkt sein, vielmehr ist im allgemeinen $a(v)$ für jedes feste v $a(v)$ irgend eine reelle Zahl. Das heißt: ein bestimmtes Merkmal kann einem bestimmten Objekt zukommen oder nichtzukommen, es kann ihm aber auch in einem bestimmten Grade $a(v)$ zukommen.

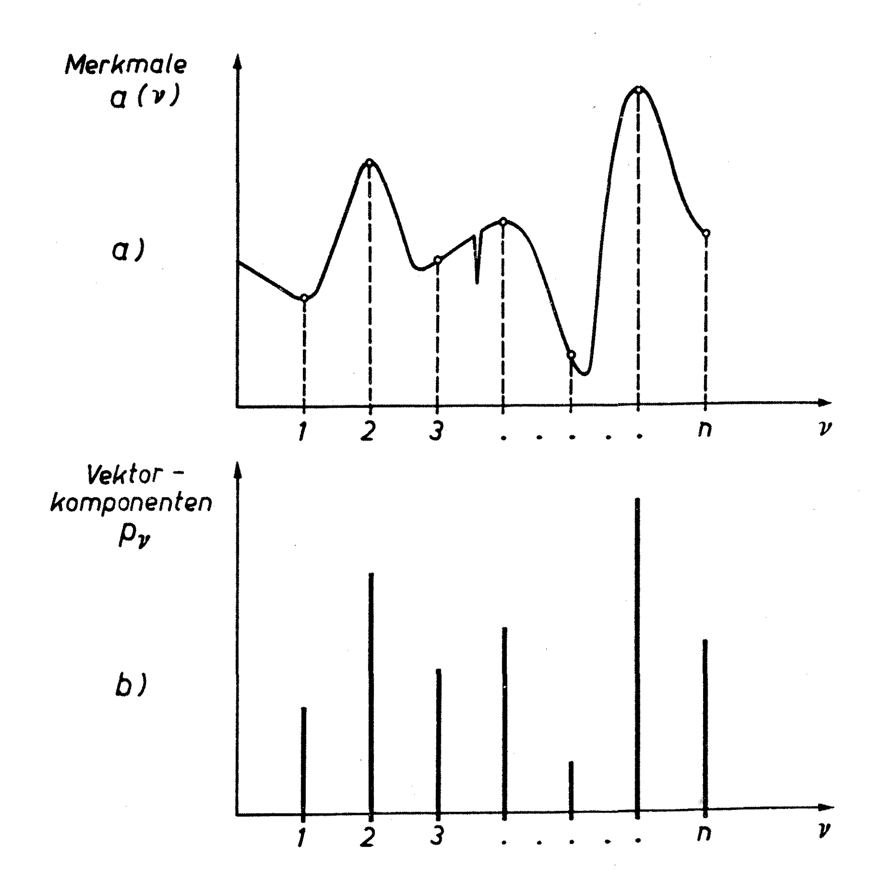


Bild 2. MERKMALFUNKTION UND VEKTORKOMPONENTEN

(Solche Grade können in einfachstenBeispielen die Tonfrequenzen des $v = 1., 2., \ldots,$ n-ten Tones eines Akkords, Ordinantenwerte einer Zeitfunktion etc. sein). Die Merkmalfunktion a(v) kennzeichnet das Außenweltobjekt eindeutig (Bild 2 a).

3.2 Nichtdigitale Perzeptionsereignisse.

Der betrachtete Perzeptor ist ein Operator im mathematischen Sinne, dessen Eingang aus n, Rezeptoren genannten, Operatoren r_v besteht. Der Operator r_v bestimmt den Ordinatenwert a_v der Merkmalfunktion a(v) an der Stelle v (v sei hierbei eine natürliche Zahl) und ordnet dieser Zahl eine reelle Zahl $p_v = p(a_v)$ zu. p_v ist in einfachen Beispielen (Bild 2 b) proportional zu a_v, kann aber auch eine beliebig andere Funktion von a_v (ja sogar eine Funktion der m-ten Ableitung $a(v)^{(m)}$ der Merkmalfunktion an der Stelle v) sein. Die n Partialinformationen p_v über das perzipierte Außenweltobjekt können als Komponenten eines n-dimensionalen Vektors

$$\mathfrak{p} = (p_1, \ldots, p_v, \ldots, p_n)$$

aufgefaßt werden. Dieser Vektor ist das mathematische Bild eines nichtdigitalen Perzeptionsereignisses. In Bild 3 ist der Sachverhalt für den Fall n = 3 anschaulich dargestellt.

Das Perzeptionsereignis ist invariant gegen die Änderung aller (überabzählbar wielen) durch eine nichtnatürliche Zahl v gekennzeichneten Merkmale (vgl. Bild 2 a mit 2 b!). Damit ist die Perzeptionsbedingung 1 von § 2 erfüllt.

3.3 Internes Modelle der Außenwelt.

Nun soll nach Forderung 2 in § 2 ein Teil der durch die Rezeptoren aufgenommenen Information unterdrückt werden, es sollen also verschiedene Perzeptionsereignisse zur selben Ausgabe des Perzeptors führen. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn der Raum des Perzeptionsereignisses (wie in Bild 3) in verschiedene Sektoren unterteilt wird, und der Perzeptor nur anzeigt, in welchem Sektor das Perzeptionsereignis liegt. Solche Sektoren können im hier betrachteten, einfachen Falle durch m "Muster" definiert werden, d.h. durch eine bestimmte Anzahl m solcher Außenweltobjekte, denen als Perzeptionsereignisse Vektoren $\mathfrak{n}_i$ der Länge 1 entsprechen. (m muß nicht gleich n sein, wie wir es für Bild 3 der zeichnerischen Einfachheit halber angenom-

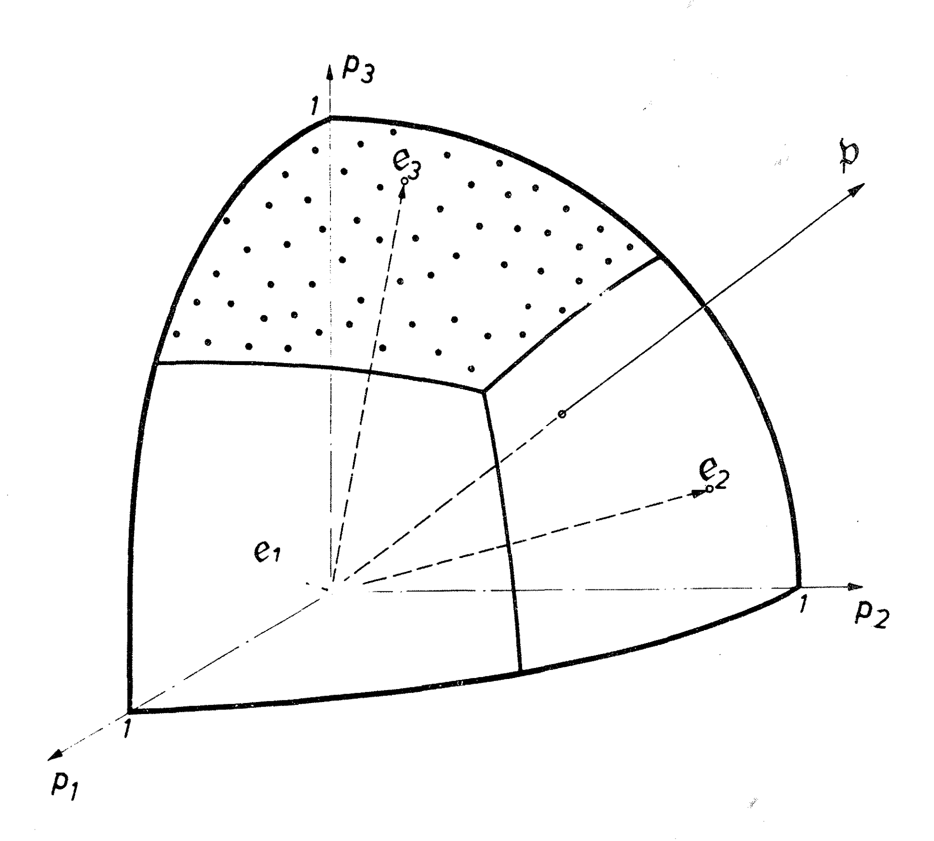


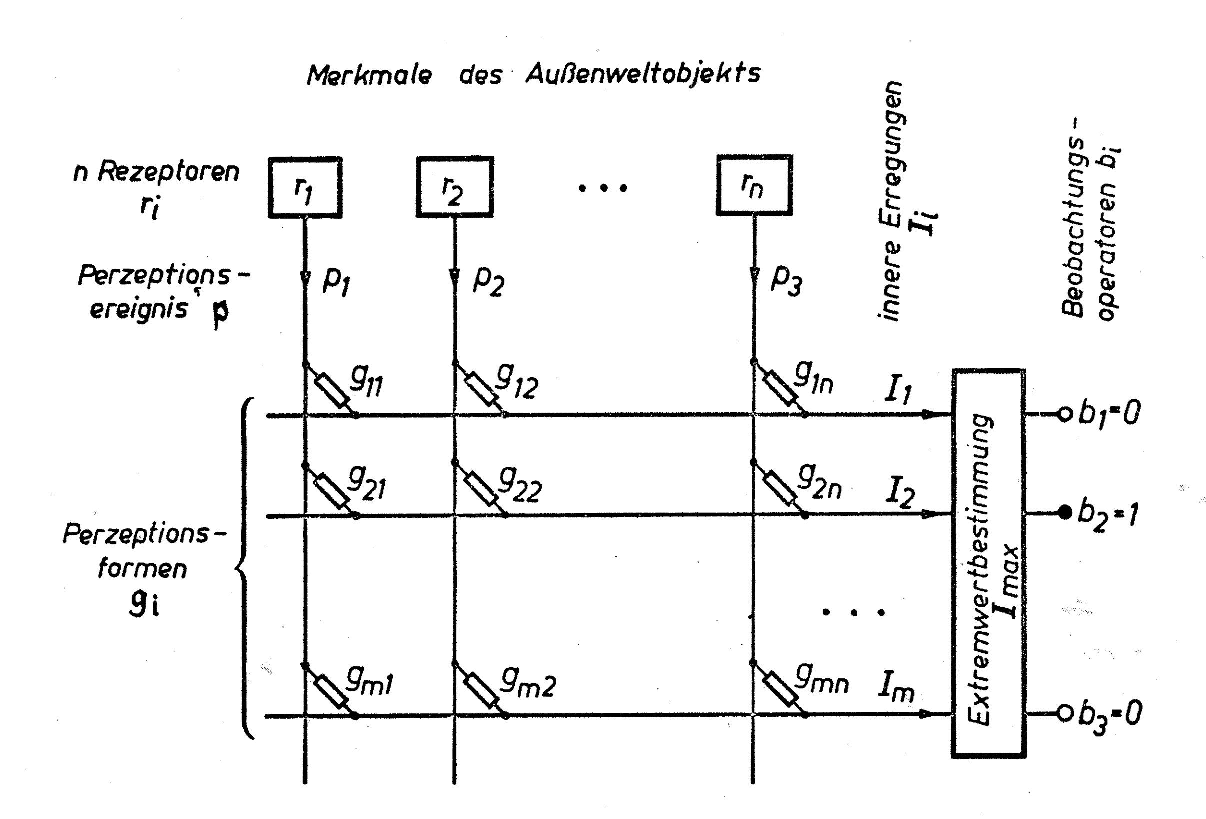
Bild 3. PERZEPTIONSEREIGNIS UND DIE PERZEPTIONSEREIGNISSE DER MUSTER.

men haben!) Ein perzipiertes Außenweltobjekt wird dann demjenigen Muster zugeordnet, mit dessen Perzeptionsereignis das eintretende Perzeptionsereignis den kleinsten Winkel einschließt (im Falle von Bild 3 also dem zu p_2 gehörigen Muster). Damit ist auch die Forderung 2 (und, wie sich noch zeigen wird, die Forderung 4) des abstrakten Perzeptionsbegriffs erfüllt.

Die Information über die $\vec{\pi}_i$ muß im Innern des Perzeptors in Form von m Perzeptionsformen $\vec{g}_i$ gespeichert sein; die Beträge der Vektoren $\vec{g}_i$ sind ebenfalls alle gleich, können also zur mathematischen Vereinfachung gleich 1 angenommen werden. Ein aktuelles Perzeptionsereignis $\vec{\gamma}$ "rastet" dann sozusagen in diejenige Perzeptionsform $\vec{g}_i$ ein, für welche das innere Vektorprodukt $\vec{\gamma} \cdot \vec{g}_i$ am größten ist, da dies gleichbedeutend mit der Feststellung des kleinsten Winkels zwischen $\vec{\gamma}$ und $\vec{g}_i$ ist. (Der Begriff des internen Modells der Außenwelt wurde von Steinbuch, 1961 b, S. 138 in seiner Bedeutung vor allem für lernfähige Systeme ausführlich dargestellt.)

Das hier angegebene Klassifikationsverfahren bedeutet eine Einschränkung insofern, als die Klassen identifizierter Perzeptionsereignisse auf der (Hyper-)Kugelfläche durch konvexe Bereiche gekennzeichnet sind, die überdies durch Stücke von Großkreisen umrandet sind. Von der ersten Einschränkung kann man sich durch eine Zerlegung eines vorgelegten nichtkonvexen Bereichs in konvexe Bereiche i.A. freimachen, wenn als Abschluß des Perzeptors eine disjunktive Schaltung die Teilklassen wieder identifiziert. "Krummlinige" Umrandungen eines allgemeinen Bereichs können durch "Polygonzüge" - jeweils im Sinne einer entsprechenden sphärischen Geometrie - wenigstens approximiert werden.

Bild 4. NACHRICHTENTECHNISCHES MODELL NACH STEINBUCH


Merkmale des Außenweltobjekts
n Rezeptoren
r_i
r_1
r_2
r_n
Perzeptions-
ereignis p
p_1
p_2
p_3
innere Erregungen
I_i
Beobachtungs-
operatoren b_i
g_{11}
g_{12}
g_{1n}
I_1
g_{21}
g_{22}
g_{2n}
I_2
Perzeptions-
formen
g_i
g_{m1}
g_{m2}
g_{mn}
I_m
Extremwertbestimmung
I_{max}
$b_1=0$
$b_2=1$
$b_3=0$

3.4 Die inneren Erregungen und die Beobachtungsoperatoren.

Die inneren Vektorprodukte $I_i = \vec{\gamma} \cdot \vec{g_i}$, welche ein Perzeptionsereignis mit den gespeicherten Perzeptionsformen bildet, nennen wir die "inneren Erregungen", die das Perzeptionsereignis aufgrund des internen Modells der Außenwelt bewirkt. Am Ausgang des Perzeptors muß nun nur noch eine "Extremwertbestimmung" erfolgen, d.h. die Ermittlung desjenigen Index (bzw., in praktisch uninteressanten Grenzfällen: derjenigen Indices) $\hat{\imath}$, für welchen $I_{\hat{\imath}} \geq I_i$ für i = 1, ..., m gilt.

Den Ausgang des Perzeptors bilden dann, wie bei dem schon beschriebenen digitalen Perzeptor, m binäre Beobachtungsoperatoren b_i mit der Eigenschaft, daß b_i dann und nur dann anspricht(d.h. den Wert 1 annimmt), wenn $i = \hat{\imath}$ ist. Das Ansprechen eines einzigen Beobachtungsoperators (von Fällen der Zweideutigkeit abgesehen!) entspricht gemäß Forderung 2 von § 2 der Synthese der Einheit des zu apperzipierenden Objekts aus den zahlreichen Einzelmeldungen der Rezeptoren. Wird außerdem der Vektor des Perzeptionsereignisses verlängert oder verkürzt, dann werden alle I_i mit derselben positiven Zahl multipliziert, $\hat{\imath}$ bleibt also invariant, und damit die Ausgabe des Perzeptors. Falls die p_v proportional zu den a_v sind, heißt dies, daß der Perzeptor invariant gegen affine Transformationen der Merkmalfunktion arbeitet. Durch geeignete Wahl der Funktion $p_v = p(a_v)$ können auch andere Invariantenbildungen geleistet werden. Damit ist auch die Forderung 4 des § 2 erfüllt. -

§ 4. Das nachrichtentechnische Modell nach Steinbuch.

Ein nachrichtentechnisches Modell des in § 3 abstrakt beschriebenen Perzeptors kann nach einem Vorschlag von K. Steinbuch in Analogie zu dessen binärer Lernmatrix in der Kannphase (Steinbuch, 1961 a) aufgebaut werden. Die Rezeptoren müssen dabei die Merkmale a_v durch Spannungswerte $p_v = u_v$ verschlüsseln. Die Komponenten g_{iv} der gespeicherten Perzeptionsformen sind als elektrische Leitwerte gemäß Bild 4 vorzusehen. Durch die Schaltungsstruktur werden dadurch die "innere Erregungen" genannten Vektorprodukte I_i als Ströme realisiert:

$$I_i = \vec{\gamma} \cdot \vec{g_i} = \sum_{v=1}^{n} u_v \cdot g_{iv} \;,$$

unter denen wie bei der binären Lernmatrix durch eine Extremwertschaltung der größte ermittelt werden muß.

In den Abbildungen, nicht aber auch in der mathematischen Betrachtung, wurde

stets $g_{iv} \geqq 0$ vorausgesetzt. Dies erlaubt eine einfache nachrichtentechnische Realisierung; negative Leitwerte sind weniger einfach zu verwirklichen. Durch konträre Ausgabe jedes Rezeptors, also durch n Doppelspalten, wie bei der binären Lernmatrix (vgl. GrKG 2, S. 42) kann aber auch dieses Problem mit verhältnismäßig geringem Aufwand gelöst werden. Es ist ferner möglich, die Perzeptionsformen durch sukzessives Angebot der Muster bei gleichzeitiger Ansteuerung der jeweils zuzuordnenden Beobachtungsoperatoren einzulernen. Dadurch sind technische Systeme möglich, deren Perzeptionsformen in einem verallgemeinerten Sinne nicht mehr a priori sondern a posteriori gegeben sind. Da wir die Lernfähigkeit für einen abstrakten Perzeptionsbegriff nicht voraussetzten und überdies seine nachrichtentechnische Realisierung und deren praktische Anwendungsmöglichkeiten im Rahmen dieser mehr wahrnehmungstheoretischenUntersuchung nicht interessiert, sei hier nur noch auf eine demnächst an anderer Stelle erscheinende Arbeit (Steinbuch und Frank, 1961) verwiesen. Dort werden die technische Seite des Problems, die Realisierung der Lernphase und die Anwendungsmöglichkeiten eine ausführliche Darstellung erfahren.

Schrifttumsverzeichnis

(Diesem Beitrag liegen die Notizen zum Vortrag des Verfassers über "Die Perzeptionsmatrix" bei der 5. Karlsruher Lerntagung am 28.7.1961 zugrunde.)

Frank, Helmar: Grundlagenprobleme der Informationsästhetik. Hess, Waiblingen, 1959 (nur Direktbezug).

" Über eine Informationspsychologische Maßbestimmung der semantischen und pragmatischen Information. GrKG 1, 1960 a, Nr. 2, S. 37 - 4o)

" Über die Kapazitäten der menschlichen Sinnesorgane. GrKG 1, 1960 b, Nr. 5, S. 145 - 152.

" Zum Problem des vorbewußten Gedächtnisses. GrKG 2, 1961 a, Nr. 1, S. 17 - 24

Frank, Helmar (Forts.): Zur Mathematisierbarkeit des Ordnungsbegriffes. GrKG 2, 1961 b, Nr. 2, S. 33-42

" Die Lernmatrix als Modell für Informationspsychologie und Semantik. In: Billing, Lernende Automaten, Oldenbourg, München, 1961 c, S. 1o1 - 1o8.

" Kybernetische Grundlagen der Pädagogik. Eine Einführung in die Informationspsychologie. Agis-Verlag, Baden-Baden, 1961 d.

Gunzenhäuser, Rul u. Frank, Helmar: Über Mime und Pantomime. GrKG 1, 1960, Nr. 4, S. 113 - 121

Steinbuch, Karl: Die Lernmatrix. Kybernetik 1, 1961 a, Nr. 1, S. 36-45.

" Automat und Mensch. Über menschliche und maschinelle Intelligenz. Springer-Verlag, Heidelberg, 1961 b.

Steinbuch, Karl: u. Frank, Helmar: Die nichtdigitale Lernmatrix als Perzeptor. Kybernetik 1, 1961, Nr. 3 (im Druck).

Eingegangen am 17. Oktober 1961

BEOBACHTUNG ZENTRALNERVÖSER STRUKTUREN IM HINBLICK AUF GEDÄCHTNISFUNKTIONEN

von S. T. Bok, Amsterdam.

Bekanntlich hat eine Nervenzelle viele Ausläufer, die man Nervenfasern nennt.

Die Nervenzellen haben die Neigung, sich in bestimmten Gebieten anzusammeln, und dort nämlich in der grauen Substanz des Nervensystems, bilden ihre Fasern ein dichtes Geflecht.

Da die mittlere Länge der Ausläufer ein Vielfaches des mittleren Abstands zwischen den Zellen ist, kreuzen sich an ungeheuer vielen Stellen zwei Fasern, die von zwei verschiedenen Zellen stammen.

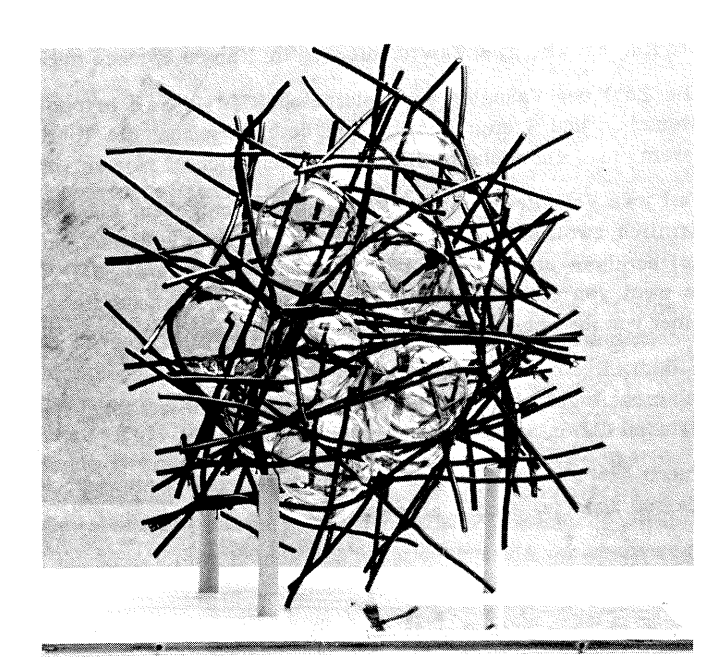


Abb. 1: Modell für Nervenfasergeflecht

Wir haben festgestellt, daß dieses Fasergeflecht eine sehr merkwürdige Architektur hat, die in Bild 1 veranschaulicht wird.

Diese Architektur wird bestimmt durch kugelförmige Gebilde, die sich zwischen den Fasern befinden. In frisch vom lebenden Gewebe entnommenen Stückchen sind es sog. "Vakuolen", d.h. sie haben einen dünnflüssigen eiweissarmen Inhalt. Sie wurden deshalb "interfibrilläre Vakuolen" genannt, obwohl die Möglichkeit vorliegt, daß sie während des Lebens eine etwas andereStruktur haben können. In dem in Bild 1 dargestellten Modell sind sie durch hohle Glaskugeln repräsentiert.

Zwischen den Vakuolen liegt das viel zähere Protoplasma, und in diesem liegen in einer sehr bestimmten Weise die Nervenfasern. Räumlich kann man sich das Protoplasma in drei verschiedenen Erscheinungsformen denken:

als Wand zwischen zwei Vakuolen,
als Balken zwischen drei Vakuolen und
als Knoten zwischen vier Vakuolen (vgl. Bild 2).

Die Wände enthalten nie eine Nervenfaser, in jedem Balken liegt eine einzelne Nervenfaser und in jedem Knoten kreuzen sich zwei Fasern. Das letztere folgt aus der Regel, daß in jedem Balken eine Faser liegt: von den vier Balken, die wie beim Schaum zu einem Knoten zusammenkommen, führt ein Balken eine Faser zu und ein anderer Balken diese ab. Eine Faser besetzt also zwei Balken, die vier Balken des Knotens also zwei Fasern, die sich im Knoten kreuzen müssen.

Die Zahl der Vakuolen pro Volumeinheit ist überall in der grauen Substanz von Menschen und Tieren dieselbe, und deshalb ist auch die Totallänge aller Nervenfasern pro Volumeinheit, die wir "Geflechtsdichte" nennen, überall dieselbe.

Fast jede Vakuole ist von zehn Nervenfasern umgeben. Rund um eine Kugel finden nämlich zwölf andere ungefähr gleichgrosse Kugeln Platz welche die zentrale Kugel berühren, und zwischen diesen befinden sich zwanzig Balken, von denen wieder je zwei von einer Faser besetzt werden; einer führt auf die zentrale Kugel zu und einer von ihr weg, so daß zehn Fasern an der Oberfläche einer Vakuole entlang laufen.

Ich möchte ganz kurz erzählen, wie diese Architektur entdeckt wurde, und wie sie während der ontogenetischen Entwicklung entsteht.

Zuerst haben wir die Dichte des Nervengeflechts gemessen. Sie erwies sich bei Mensch und Tier überall als dieselbe.

Dann wurde der Abstand zwischen den Achsen zweier einander kreuzenden Nervenfasern gemessen. Diese Abstände variieren, aber überall in Mensch und Tier wurde

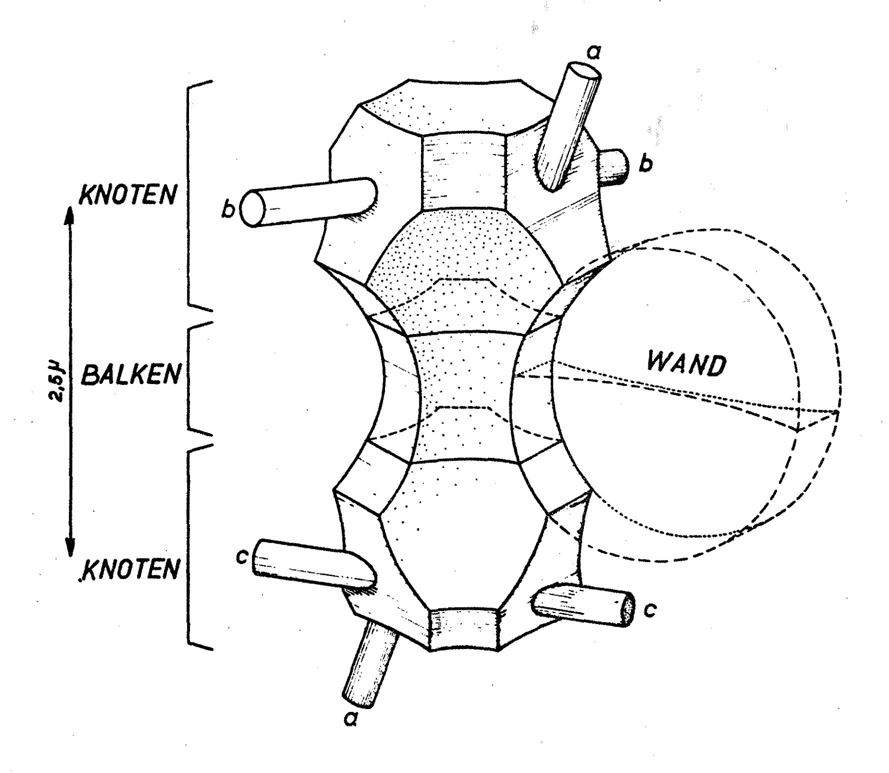


Abb. 2: Lage der Nervenfasern im Protoplasma.

genau dieselbe Frequenzkurve (Bild 3) gefunden.

Das waren also zwei konstante Eigenschaften des Fasergeflechtes, aber die eine kann nicht die Folge der anderen sein. Denn unter Zugrundelegung der gemessenen Abstände könnte die Dichte fünfmal so groß sein als wie gemessen wurde. Es muß also noch ein drittes konstantes Strukturelement da sein. Es wurde gefunden, als räumliche Rekonstruktionen von Teilen des Geflechtes gemacht wurden. Wir fanden große faserfreie kugelrunde Gebiete, die sich ungefähr berühren. Die Vermutung, daß es sich um Vakuolen handle, wurde vom Phasenkontrastmikroskop bestätigt (Bild 4). Dieses bildet Gewebeteile, in denen die Brechungsindexe verschieden sind, in verschiedener Helligkeit ab. Das Gewebe braucht dafür also nicht fixiert und gefärbt zu werden, und eben das Fixieren und Färben hatte bisher diese Vakuolen zerstört.

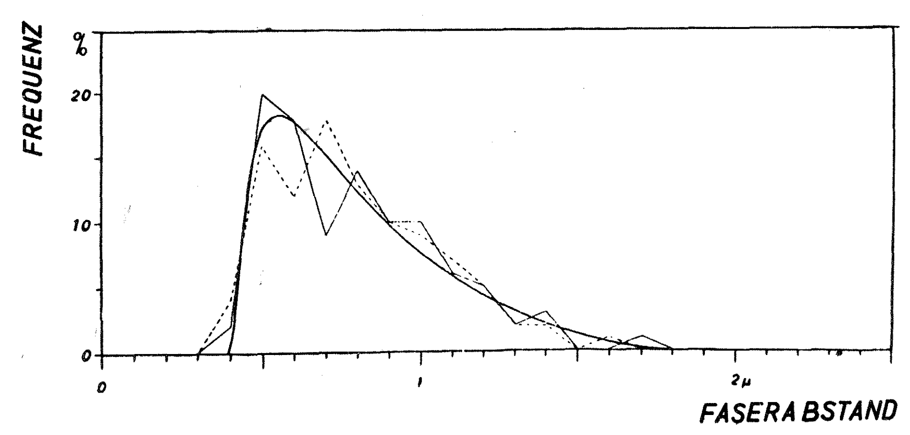


Abb. 3: Häufigkeitsverteilung der Faserabstände

Das Mikrophoto (Bild 4) zeigt das Phasenkontrastbild eines dem lebenden Gehirn entnommenen Stückchens Großhirnrinde. Es zeigt scharf abgegrenzte und helle kugelrunde Körper und dazwischen eine grauere Substanz mit schwarzen Flecken: den Nervenfasern. Die hellen Kugeln sind Vakuolen, da ihr Inhalt dünnflüssig ist: die meisten enthalten ein kleines schwarzes Körperchen - es erwies sich als Mitochondrium - das eine starke Brownsche Bewegung zeigte. Das Photo wurde deshalb mittels einer sehr kurzen Blitzbeleuchtung gemacht.

Das Phasenkontrastmikroskop zeigte noch eine wichtige Eigenschaft der Vakuolen. Bei Änderung der Ionenkonzentrationen im Gewebe ändern sie ihre Diameter. Sie sind also empfindlich für die elektrischen Eigenschaften ihrer direkten Umgebung.

Wie entsteht diese merkwürdige Architektur von Vakuolen und Nervenfasern während der Ontogenese? Zuerst entstehen die Vakuolen und zwar in konstanter Zahl pro Volumeinheit. Dann wachsen die Nervenfasern in das dazwischen gelegene Protoplasma ein. Sie folgen dabei zwei Gesetzmäßigkeiten. Erstens wählen sie beim Weiterwachsen immer den dicksten Teil des vorliegenden Protoplasma, so daß sie nie in den zwischen zwei Vakuolen gelegenen Wänden liegen. Zweitens dringen sie nie in einen Balken ein, der schon eine Faser enthält. Diese zwei Regeln begründen die angegebene Architektur.

So weit unsere Befunde - jetzt die Hypothese.
Die besprochene Struktur kann folgendermaßen beschrieben werden.

In der grauen Substanz laufen zahlreiche Nervenfasern in vielen Richtungen. Sie kreuzen einander in Gruppen von je zehn Fasern rund um die empfindlichen Einheiten, die Vakuolen (Bild 5).

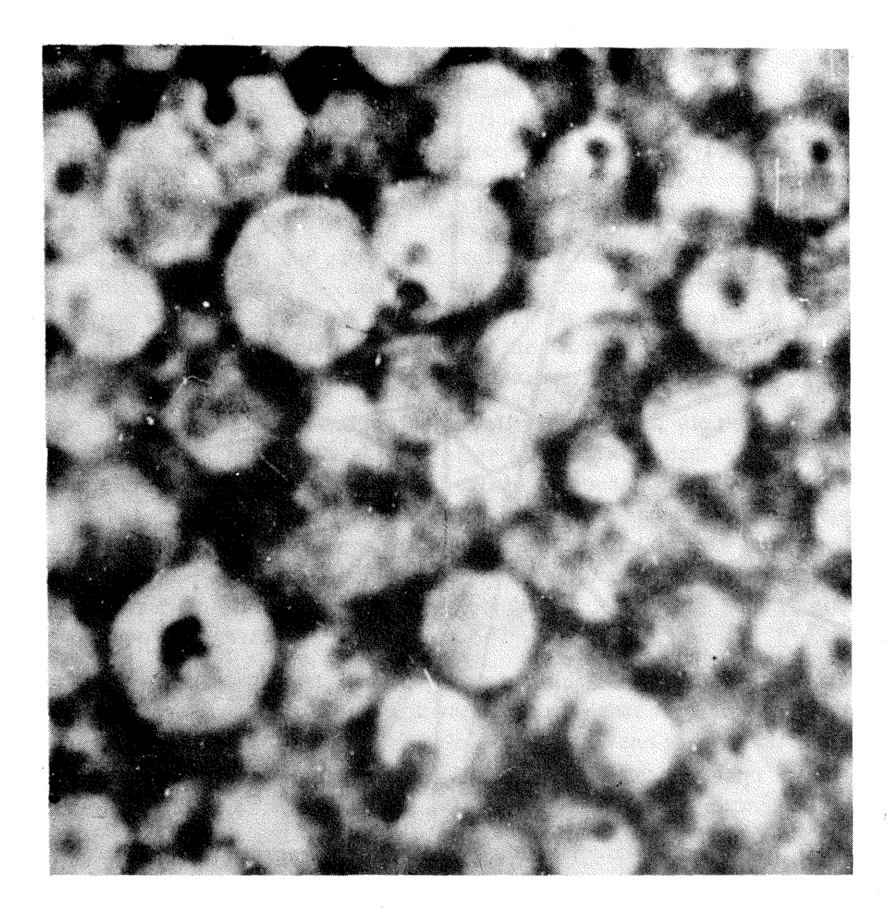
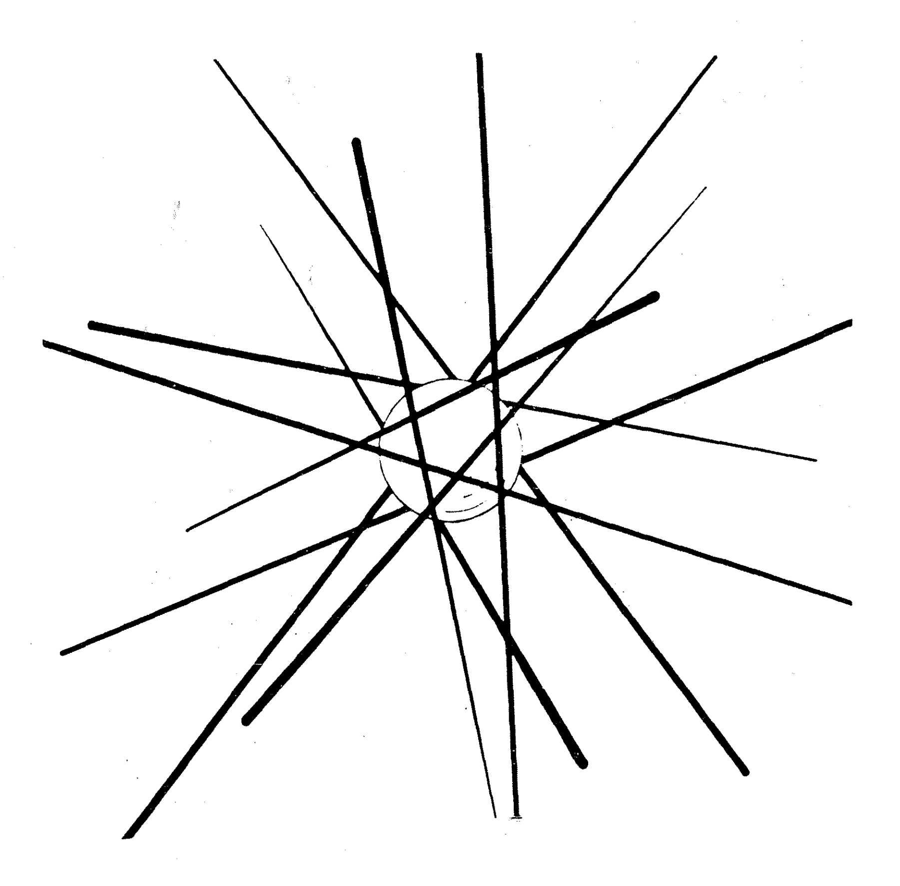


Abb. 4: Phasenkontrastaufnahme Großhirnrinde

Dieselbe Struktur haben technische "Gedächtnisse" (Speicher), z.B. Realisationen mit Ferritringkernen: in diesen Apparaten laufen in verschiedenen Richtungen Signaldrähte, die sich in Gruppen von einer konstanten Zahl kreuzen; an jedem dieser Kreuzpunkte befindet sich eine empfindliche Einheit.

Auf Grund dieser Strukturgleichheit habe ich auf die Möglichkeit hingewiesen, daß auch der Komplex von Nervenfasern und Vakuolen eine Gedächtnisfunktion haben könne.



Zweifelsohne ist das ein schwacher Grund für eine solche Hypothese. Jedoch ermutigen die Konsequenzen zu ihrem weiteren Ausbau. - In technischen "Zeitkanälen" (Speicher, Gedächtnisse) hat jede empfindliche Einheit zwei Gleichgewichtszustände, von welchen die eine in die andere übergeht, wenn alle sich dort kreuzenden Signaldrähte gleichzeitig ein Signal führen. Das sollte also auch für die Vakuolen gelten: eine Vakuole hat zwei Dauerzustände, die eine (leere) geht in die andere (gefüllte) über, wenn alle zehn Nervenfasern, die an ihrer Oberfläche liegen, gleichzeitig einen Nervenimpuls leiten.

Hiermit ist die Möglichkeit für die Einlieferung eines Ereignisses ins Gedächtnis gegeben: jede gefüllte Vakuole bedeutet, daß alle zehn Nervenfasern, die dieser Vakuole entlangliegen, einmal von einem Ereignis erregt wurden.

In welcher Weise könnten die Gedächtnisinhalte verfügbar sein? Das ist ein zweites Problem, das in den verschiedenen technischen Modellen verschieden gelöst wurde, abhängig von der Art der empfindlichen Flip-flop-einheiten und von dem Zweck, der mit dem Apparat angestrebt wird. In unserer biologischen Hypothese soll es also in der Art gelöst werden, daß es die uns bekanntenEigenschaften unseres Gedächtnisses zur Folge hat. Und das ist in einfacher Weise möglich.

Es genügt die Annahme, daß alle Knotenpunkte, die an diese Vakuole grenzen, von der gefüllten Vakuole so beeinflußt werden, daß die darin liegende Faserkreuzung durchlässig wird, das heißt, daß eine Erregung in der einen Faser sich an die andere Faser mitteilt. Die Vakuole würde dann wie ein Schalter funktionieren: wenn "gefüllt" verbindet sie alle ihre zehn Fasern miteinander.

Wenn also in einem bestimmten Moment alle zehn Fasern, die rund um eine bestimmte Vakuole laufen, gleichzeitig einen Impuls leiten, dann werden diese zehn Fasern bleibend miteinander verbunden. Wenn dann später eine dieser Fasern wieder ein Impuls überträgt, dann werden dadurch auch alle anderen Fasern gereizt, so daß zehn Impulse zu allen Neuronen fließen, die früher gleichzeitig gereizt wurden. Das heißt, wenn erst zehn Fasern zugleich von der Außenwelt her gereizt wurden und später nur eine davon, dann ist der Erfolg derselbe, als ob die zehn Fasern wieder alle von der Außenwelt gereizt wären.

Wenn ein Ereignis stattfindet, und sich später nur ein Teil dieses Ereignisses wiederholt, dann kann es sein, daß wir reagieren, als ob das ganze Ereignis sich wiederholt hätte. Das eben ist die Leistung unseres Gedächtnisses. Wenn wir touristisch ein Dorf besuchen, in dem ein spezieller Geruch auffällt und wir riechen später wieder diesen Geruch, dann erscheint das ganze Dorf wieder vor unserem Geiste.

Diese Gedächtnishypothese ist den älteren in vielen Hinsichten überlegen. Die meisten älteren besagen, daß, wenn ein Reiz vielfach wiederholt wird, eine schwächere Wiederholung imstande sei, denselben Erfolg zu verursachen. In unserem Gedächtnis spielt m.E. aber nicht die Intensität der Reize die Hauptrolle, sondern die Anzahl verschiedener Reize.

Überdies zeigt das elektro-physiologische Experiment keine Abnahme der Reizschwelle bei Wiederholungen derselben Reize. - Meine Theorie lokalisiert die Gedächtnisfunktion zwischen den Neuronen.

Auch ist die Kapazität des Gedächtnisses nach meiner Hypothese viel grösser als bei älteren Theorien: die Zahl der binären Einheiten des Gedächtnisinhalts eines erwachsenen Menschen wird auf 10^{11} taxiert, und die Zahl seiner interfibrillären Vakuolen ist 10^{13}. Alle älteren Theorien scheitern an einer viel zu kleinen Kapazität.

Die Vakuolen-Gedächtnis-Hypothese hebt nicht an erster Stelle das Gedächtnisbild sondern die Änderung in dem Verhalten des Individuums hervor: das Individuum reagiert in anderer Weise auf ein Ereignis in seiner Außenwelt, wenn dieses Ereignis in früheren Zeiten schon einmal stattgefunden hat und wenn es damals ein Teil eines umfangreicheren Geschehens war.

Die Kybernetik hat darauf hingewiesen, daß die meisten Reflexe den Charakter einer Gegenkopplung haben. Wenn ein Ereignis der Außenwelt etwas in dem lebenden Körper ändert, dann leistet diese Gegenkopplung eine Rückwirkung, welche die Änderung zu minimalisieren, also den Soll-Wert zu erhalten sucht.

Während des früheren Ereignisses wurden viele solche Gegenkopplungsreflexe unabhängig voneinander ausgelöst, unter anderem die speziellen zehn rund um unsere Vakuole. Diese zehn wurden dann von der aktivierten Vakuole bleibend aneinandergeschaltet. Und wenn dann später ein zweites Ereignis einen dieser Reflexe wieder auslöst, dann treten alle zehn Reflexe (alle zehn Gegenkopplungen) wieder auf. Das heisst: das Individuum widersetzt sich nicht nur diesem neuen aktuellen Ereignis, sondern auch den übrigen Anteilen des ehemaligen Ereignisses.

Wenn man ein Individuum unter diesen Umständen betrachtet, dann macht es den Eindruck, daß es erstens das frühere Ereignis erkennt und zweitens die Möglichkeit eines Wiederauftretens dieses Ereignisses antizipiert.

Diese zwei von der Psychologie her bekannten Phänomene, Erkennen und Antizipieren, haben charakteristische Merkmale:

das Erkennen einer Situation tritt schon auf, wenn nur ein Teil dieser Situation wieder einwirkt (= wahrgenommen wird);

die Antizipation äußert sich in einem schon im Voraus Annehmen einer verteidigenden Haltung gegen eine Situation, deren Wiederauftreten möglich oder wahrscheinlich zu sein scheint.

Ein drittes psychologisches Phänomen ist das Lernen. Hier können zwei Arten unterschieden werden. Schon das erste Auftreten irgendeines Ereignisses wird im Gedächtnis bewahrt, so daß das Individuum gelernt hat, es später wieder zu erkennen, also anders darauf zu reagieren. Das ist Lernen durch erste Wahrnehmung.

Etwas, das nur einmal wahrgenommen wurde, wird aber später ziemlich schwer wieder erkannt, es kann eben vergessen werden. Bei mir, z.B., wirkt eine erste Kenntnisnahme sehr wenig. Ich brauche überdies die andere Art des Lernens: das immer bessere Lernen durch oft wiederholte Wahrnehmung, so wie die Kinder sich Fremdworte zu eigen machen.

Was bis hierher vom Vakuolen-Gedächtnis gesagt wurde, betrifft die erste Art des Lernens. Aber auch die zweite Art läßt sich von hier aus deuten.

Wenn der Kürze wegen gesagt wird, ein Ereignis habe sich wiederholt, dann ist das nie ein vollkommen identisches Auftreten der ganzen früheren Situation. Fast immer gibt es kleine Differenzen, so daß nicht durchweg dieselben Nervenfasern gereizt werden wie beim ersten Mal.

Gehen wir vom quantitativ einfachsten Fall aus: das erste Mal wurden die zehn Fasern einer bestimmten Vakuole gereizt, das zweite Mal werden wieder zehn Fasern gereizt aber nur neun davon sind identisch mit neun der früher gereizten, so daß eine neue Faser aktiviert wurde. Damit können jetzt überdies zehn andere Vakuolen "gefüllt" werden. Denn die neun identischen Reize verteilen sich über die zehn Fasern der früher schon gefüllten Vakuolen und beim ersten Wiederholen sind also elf Fasern aktiv, obwohl die Aussenwelt nur zehn direkt reizte. Elf Fasernergeben elf verschiedene Gruppen von je zehn Fasern, so daß sie die irgendwo gelegenen elf Vakuolen völlig umspannen und infolgedessen füllen können (da eine schon gefüllt war, können jetzt zehn andere gefüllt werden). Infolgedessen kann die ursprünglich totale Reaktion jetzt auch von den Reizen ausgelöst werden, die während der Wiederholung neu hinzugefügt wurden. Jede weitere Wiederholung erleichtert also das "Erkennen".

Hierin wäre auch der Schlüssel zu finden für das Erkennen bewegender Objekte, die zwar stetig andere Retina-elemente reizen, aber gleichzeitig viele der alten.

Bis jetzt hat sich die Hypothese als fruchtbar erwiesen und noch einige andere Punkte könnten zu ihren Gunsten genannt werden. Weitere Konsequenzen ergeben aber im ersten Augenblick Schwierigkeiten.

Wenn die Bewegung sich fortsetzt, dann fügen sich immer neue Reize dem ursprünglichen Komplex an, und diese neuen sind den alten ebenbürtig. Das Bild wird sich also verwischen, so wie eine Zeitaufnahme eines sich bewegenden Objektes.

Konsequent durchdacht werden alle Reize in einem einzelnen großen Komplex zusammengebracht und das Vakuolengedächtnis ist sinnlos geworden.

Mit anderen Worten: wo bleibt in dieser Theorie das Herausschneiden von einzelnen Begriffen oder Objekten? Ich weiß nicht, ob dieses Herausschneiden von mehr oder weniger künstlichen Einheiten im biologischen Gedächtnis eine Funktion dieses Gedächtnisses selber ist oder eine andere biologische Funktion darstellt, für die dann nicht die Vakuolen dienen würden. Dennoch können drei Punkte angedeutet werden.

Erstens wird beim bewußten Wahrnehmen ein Trick benutzt, wenn ein bewegtes Objekt als einheitliches Objekt, z.B. optisch identifiziert werden soll: man bewegt

Kopf und Augen in der Weise, daß das optische Bild in der Retina ungefähr still steht, Auch hier äußert sich ein gegenkoppelnder Reflex, der Änderungen im optischen Bild aufzuheben sucht. Es liegt nahe, zu vermuten, daß dies physiologisch schon in sehr primitiven Phasen stattfindet. Nach der Vakuolen-Hypothese würde dadurch eben das ungefähr konstante Bild, wie gesagt, in besonders starker Weise, nämlich in sehr vielen Vakuolen fixiert.

Zweitens ein Wort zu jener "grauen Endphase", bis zu welcher alle früheren Reize in einem amorphen Komplex aufgegangen wären. Ganz allgemein läßt sich sagen, daß es Zeit kosten wird, diese Endphase zu erreichen, und es wäre sehr gut möglich, daß diese Zeit länger ist als die Lebenszeit des Individuums, so daß diese Phase nie erreicht werden könnte. Das wäre eine Anpassung der Gedächtnis-Kapazität, d.h. der Vakuolenzahl, an die Lebensdauer.

Mein dritter Punkt ist, daß das Ausschneiden bestimmter Gedächtniseinheiten eine Funktion der Neuronen sein muß. Bis jetzt wurde eine bestimmte Eigenschaft der Neuronen nicht in Betracht genommen. Es braucht m e h r e r e r Reize um eine Nervenzelle dazu zu bringen selbst einen Impuls abzufeuern. Ein Neuron - das ist die Nervenzelle mit ihren Ausläufern - ist also nicht ein Instrument, das alle empfangenen Reize weiterleitet, es sollen dafür mehrere Reize dieses Neuron erreichen und diese müssen fast in demselben Moment ankommen.

Dies gilt nur nicht für die Reize, welche an der Oberfläche einer gefüllten Vakuole einwirken, denn die Hypothese sagt ja, daß der Übergang hier immer stattfindet.

Die Notwendigkeit mehrfacher Reizung hat weitgehende Konsequenzen für die Funktion des Nervensystems und auch für die Funktion des Vakuolen-Gedächtnisses. Das läßt sich an einem Schema vorführen (Bild 6). Die obere Gruppe horizontaler Linien (4 statt 1o) stellt zehn unabhängige Reflexe dar, die gleichzeitig von einer Änderung der Außenwelt verursacht sind und die eine gemeinschaftliche Vakuole passieren. Diese Vakuole verknüpft die Reflexe. Daraus folgt das zweite Schema: nur die Ursache von einem der zehn Reflexe tritt auf, an der Vakuole aber verteilt der Reiz sich über alle zehn, so daß die ursprüngliche Kombination von zehn Reflexantworten wieder zustandekommt. Das ist also ein Schema von dem, was in einer Vakuole zustandekommt.

Jede der Fasern endet aber in einem neuen Neuron und meistens liegen diese zehn Neuronen weit voneinander entfernt, weil die zehn Fasern sehr verschiedene Richtungen haben. Diese zehn Reize a l l e i n haben gar keinen Erfolg, denn die erwähnten Neuronen beantworten diese Einzelreize nicht.

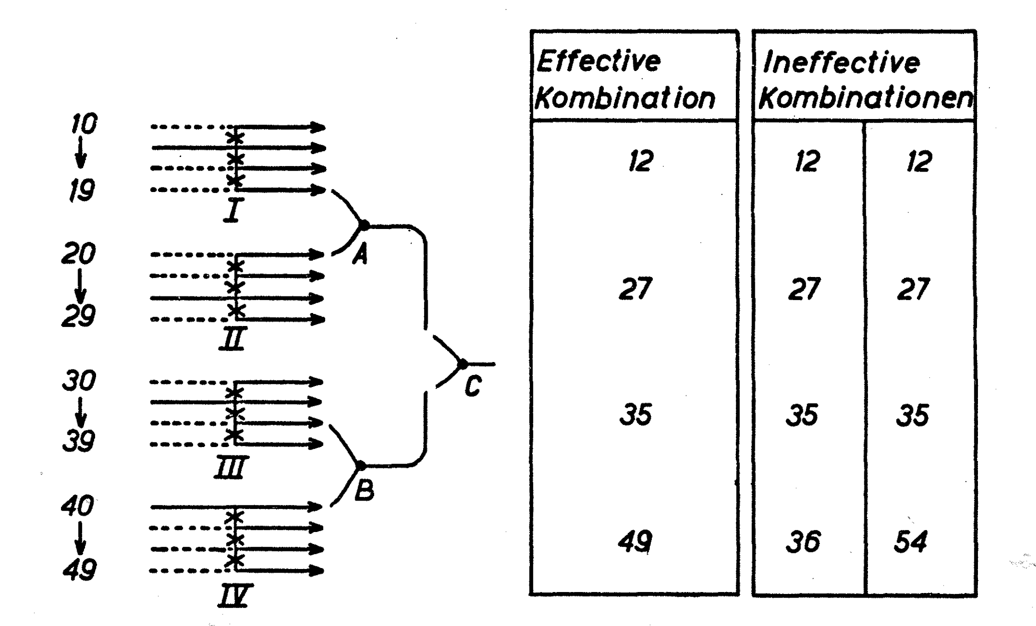


Abb. 6: Schema zum Vakuolengedächtnis.

Anders wird es, wenn dasselbe an zwei oder mehr Vakuolen gleichzeitig stattfindet, dann wird es möglich, daß ein Neuron von zwei Fasern gereizt wird, wobei jede Faser an einer anderen gefüllten Vakuole vorbeigekommen ist. Das Neutron feuert dann einen Reiz ab. Und dieses Prinzip kann vielfach wiederholt werden.

Das bedeutet, daß ein Gedächtnisbild nur dann in der Reaktion des Individuums auftritt, wenn mehrere Reize vom ehemaligen Komplex sich wiederholen und zwar solche, die zu den verschiedenen Zehnergruppen gehören.

Ein quantitatives Beispiel möge dies verdeutlichen. Ursprünglich tritt in der Aussenwelt ein Ereignis auf, das in einem Individuum z.B. vierzig Reize verursacht. Wir kennzeichnen diese Reize mit den Nummern zehn bis fünfzig und zwar in der Weise, daß die Reize zehn bis neunzehn die Vakuole I passieren, die Reize zwanzig bis neunundzwanzig Vakuole II usw. Die Vakuolen I bis IV werden also aufgefüllt.

Wir nehmen jetzt an, daß Faser elf und Faser einundzwanzig zusammen Neuron A erreichen und die Fasern einunddreissig und einundvierzig Neuron B, dann werden die Neuronen A und B Reize abfeuern, welche zusammen Neuron C erregen.

Welche späteren Reize werden imstande sein, diese Reaktion des Neurons C wieder zu verursachen? Dafür sind mindestens vier Reize nötig, und zwar einer der Gruppe zehn bis neunzehn, einer der Gruppe zwanzig bis neunundzwanzig usw., also z.B. die Nummern vierzehn, siebenundzwanzig, zweiunddreissig, fünfundvierzig oder sechzehn, zweiundzwanzig, fünfunddreissig, achtundvierzig. Die Reaktion wird dagegen nicht ausgelöst von den Reizen sechzehn, zweiundzwanzig, fünfunddreissig, siebenunddreissig oder von sechzehn, zweiundzwanzig, fünfunddreissig, dreiundfünfzig, weil Neuron C dann nicht von zwei Fasern gereizt wird.

Durch Kombination der Vakuolenhypothese mit dem Summationsgesetz der Neuronenreizbarkeit ergibt sich ein neues Kriterium für ein Ereignis, das imstande ist, ein früheres Ereignis in die aktuelle Reaktion aufzunehmen: es sollen sich einige Merkmale des ersten Ereignisses wiederholen, die in ziemlich unsystematischer Weise in dem ersten anwesend gewesen sind.

Die Gedächtnisfunktion wird von diesem neuen Kriterium in so eingreifender Weise begrenzt, daß eine Verwischung und ein Aufgehen in einem allumfassenden grauen einheitlichen Bild nicht mehr zu fürchten sind.

Das Verhältnis zur Lernmatrix von K. Steinbuch kann nur im kurzen besprochen werden. In beiden Fällen handelt es sich um ein Fasergeflecht mit Überkreuzungen von je zwei Fasern. In dem Apparat von K. Steinbuch kann das Signal in jeder Kreuzung von der einen auf die andere Faser übergehen und zwar über einen konstanten Widerstand. In meinem Vakuolensystem wechselt dieser Widerstand, und zwar sprunghaft von unendlich groß auf sehr klein, nachdem in zwanzig benachbarten Überkreuzungen beide Fasern zugleich ein Signal geleitet haben.

In den Kreuzungen K. Steinbuchs haben die zwei Fasern verschiedene Bedeutung: die eine (z.B. eine e-Leitung) führt immer den aktuellen Reiz, die andere (z.B. eine b-Leitung) gehört dem Gedächtnisbild an. In dem Vakuolenmodell können diese zwei Bedeutungen im Laufe der Zeit wechseln, die zwei Fasern sind also ursprünglich gleichwertig.

Die Lernmatrix liefert nur die erste Phase des Lernens. Eine Wiederholung des Prozesses gibt keine Verbesserung. In dem Vakuolenmodell treten beide Phasen auf; Wiederholung verbessert das Gedächtnisbild insofern als es nun leichter verfügbar wird.

In der Lernmatrix ist das Gedächtnisbild scharf definiert, weil es beim ersten Versuch künstlich mit einer speziell gewählten Reaktion verbunden wird. Bei den Vakuolen ist die Begrenzung weniger scharf und nicht künstlich: sie ist definiert aus der Reaktion, die beim ersten Ereignis in dem Individuum ausgelöst wird ohne daß die Gedächtnisfunktion dabei Einfluß gehabt hat.

Die zwei Modelle stimmen darin überein, daß das Gedächtnisbild auch aufgerufen werden kann von Reizen, die nicht gänzlich identisch mit den zuerst aufgetretenen sind. Das Vakuolensystem bietet hier aber mehr systematische Kriterien, so daß z.B. ein räumlich anders orientiertes Objekt erkannt wird.

Alles in allem glaube ich, daß die Lernmatrix in technischer Hinsicht weit überlegen ist. Ziel der Technik ist, bei vorgegebenen Bedingungen einen scharf definierten Prozess ablaufen lassen zu können. Andererseits glaube ich, daß die Vakuolentheorie dem biologischen Geschehen aber gemäß ist. Im biologischen Bereich handelt es sich nicht primär darum, einen Gedächtnisinhalt beliebig verfügbar zu haben, sondern darum, die Reaktionen eines Tieres auf Aussenweltänderungen immer zweckmäßiger zu gestalten, indem frühere Erfahrungen in ähnlichen Situationen benützt werden.

Die Differenzen zwischen den zwei Gedächtnisarten sind also m.E. die Folgen einer Differenz zwischen dem technischen Zweck, der vom Ingenieur gestellt worden ist, und jenem Zweck, der offenbar in den lebenden Körpern von Menschen und Tieren angestrebt wird.

(Dieser Beitrag lag als Manuskript dem Vortrag des Verfassers bei der 5. Karlsruher Lerntagung am 28. 7.1961 zugrunde.)

Eingegangen am 28. 7.1961

EXPERIMENTE ZUR VERIFIKATION DER THEORIE DES MECHANISCHEN LERNENS

von Felix von Cube, Stuttgart und Rul Gunzenhäuser, Esslingen.

1. Geht man von einem Sender der Form $\binom{z_i}{p_i}$, $\sum p_i = 1$ und einem "selbstorganisierendem Empfänger" der Form $\binom{z_i}{w_i}$, $\sum w_i = 1$ aus, so lassen sich (bei entsprechenden Voraussetzungen) drei "Lern"prozesse (des Empfängers) unterscheiden:

a) Die informationelle Approximation - und Akkommodation.

Unter informationeller Approximation verstehen wir den Prozeß der mehr oder weniger exakten Annäherung der "subjektiven Wahrscheinlichkeiten" (w_i) an die objektiv gegebenen Wahrscheinlichkeiten (p_i). Wird völlige Übereinstimmung erreicht, so spricht man von "informationeller Akkommodation" (Frank, 1960). Die informationelle Approximation (Akkommodation) hat einen Negentropiegewinn innerhalb des "subjektiven Schemas" zur Folge und eine Abnahme der "Unsicherheit" beim Empfang einer Nachricht.

b) Der informationelle Speicherungsprozeß.

Setzt man den informationellen Akkommodationsprozeß als abgeschlossen voraus, so gelangt man zur Identität der Schemata und damit zum Zustand der Replikation: Der subjektive Betrag an Information, mit dem eine objektive Nachricht vom Empfänger aufgenommen wird, ist identisch mit dem objektiven Informationsbetrag der Nachricht. Wird nun ein bestimmter Text wiederholt und hat der Empfänger einen Speicher, in welchen ein bestimmter Teil der Information weiterfließt, so wird mit der Zeit die subjektive Information des Textes abgebaut, was für das Subjekt einen Gewinn an Redundanz bedeutet.

c) Das Lernen durch Superzeichenbildung.

Durch Superzeichenbildung kann der Empfänger die Entropie seines Schemas herabsetzen und damit auch die subjektive Information einer empfangenen Nachricht (Cube, 1961).

2. Die im folgenden beschriebenen Experimente beziehen sich auf den informationellen Speicherungsprozeß beim Menschen, den wir in der "Theorie des mechanischen Lernens" untersucht haben (Cube, 196o c). In dieser Theorie werden für den "selbstorganisierenden Empfänger" die Grundvoraussetzungen einer konstanten Informationsaufnahmekapazität C und einer konstanten Speicherzuflußkapazität K gemacht. (Für den "menschlichen Empfänger" gelten die Rohwerte C = 1o bit/sec und K = o, 7 bit/sec, vgl. Cube, 196o a und Frank, 196o.)

Will man den Vorgang der mechanischen Speicherung eines Textes auf dem Repertoire der Zeichen z_i (es kann immer nur ein Text auswendig gelernt werden) quantitativ erfassen und experimentell verifizieren, so müssen die folgenden zusätzlichen Voraussetzungen erfüllt sein.

a) Die subjektive Information des Textes muß bekannt sein; diese Voraussetzung ist insbesondere dann erfüllt, wenn subjektives und objektives Schema identisch sind.

b) Der Text muß auf dem subjektiven - bzw., wenn Voraussetzung a) erfüllt ist - auf dem objektiven Schema "ideal" sein. Nur so tritt weder durch informationelle Akkommodation noch durch Verkleinerung des Repertoires (Einengung auf die Textelemente) eine nicht durch den Prozeß der Speicherung bedingte Veränderung der subjektiven Information des Textes auf.

c) Die subjektive Information des Textes darf während des Speicherprozesses nicht durch (subjektive) Superzeichenbildung herabgesetzt werden.

Sind die drei genannten Voraussetzungen erfüllt, so läßt sich der Prozeß der mechanischen Speicherung durch die beiden Gleichungen

$$t_B = \frac{1}{1o} \cdot I + c$$

$$t_G = \frac{1}{o,7} \cdot I$$

quantitativ erfassen. Vernachlässigt man zunächst die Konstante c, so ergibt sich für die nach der n-ten Lesung ins Dauergedächtnis aufgenommene Informa-

tion I_G

$$I_G = (1 - o,93^n) \quad I \qquad (bit),$$

wenn I die subjektive Ausgangsinformation des Textes ist (Cube, 196o c).

3. Um die Theorie der mechanischen Speicherung experimentell zu prüfen, wurden Versuche mit Schülern an zwei Stuttgarter Gymnasien durchgeführt. Als Texte wurden hierbei stochastische Ziffernfolgen mit 1o und 2o Ziffern zugrundegelegt, da für diese Texte die Voraussetzungen der Identität von subjektivem und objektivem Schema und der Idealität erfüllt sind; bezüglich der Voraussetzung c) zeigte sich allerdings, daß teilweise eine Herabsetzung der (subjektiven) Information durch Superzeichenbildung stattfand, doch ließ sich diese Verminderung der Information nach der Methode der "mechanischen Didaktik" (vgl. Cube, 1961) berechnen.

Die Versuche beschränken sich auf neun verschiedene Schülergruppen:

Vers. Gr.	Schule	Klasse	Datum
1	Gottl. Daimler-Gymn.	5 b/1	24. 6.61
2	" " "	5 b/2	24. 6.61
3	" " "	4 b/1	23. 6.61
4	" " "	4 b/2	27. 6.61
5	" " "	2 a	3o. 6.61
11	Wilhelms-Gymnasium	4 b	13. 7.61
12	" "	3 b	26. 7.61
13	" "	5 b	19. 7.61
14	" "	5 a	18. 7.61

Die Aufgabe für die Versuchsteilnehmer bestand darin, bestimmte (stochastische) Ziffernfolgen (Zahlen mit 1o und 2o Ziffern, sogenannte "Telefonnummern") zu lesen und in bestimmter vorgegebener Zeit zu erlernen, d.h. sie "mechanisch" durch Auswendiglernen ins Dauergedächtnis aufzunehmen.

Für den theoretisch linear verlaufenden Speichervorgang gelten folgende Zahlenwerte:

Zu erlernende Zahl			Theoretisch	
Anzahl der Ziffern	Informationsgehalt (bit)	Speicherzeit (sec)	Gespeicherte Information (bit)	Gespeicherte Anzahl von Ziffern
10	33,2 (beim Lernen "Einzelziffern")	10	7,0	2,1
		20	14,0	4,2
		25	17,5	5,2
		30	21,0	6,3
	21,6 (beim Lernen in "Ziffernpaaren")	10	7,0	3,2
		20	14,0	6,5
		25	17,5	8,1
		30	21,0	9,7
20	66,4 "Einzelziffern"	10	7,o	2,1
		40	28,0	8,4
	53,3 "Ziffernpaare"	10	7,o	2,6
		40	28,0	10,5
	50,1 "Ziffertripel"	10	7,0	2,8
		40	28,0	11,2

4. Zur nochmaligen Prüfung der Informationsaufnahmekapazität des Kurzzeitgedächtnisses ließen die Versuchsleiter eine 20-ziffrige Zahl in "Ziffernreihenfolge" vorlesen. Für den objektiven und zugleich subjektiven Informationsgehalt auf Ziffernrepertoire (ungefähr 66 bit) ergaben sich durchschnittliche Lesezeiten von 6,8 sec. Hieraus errechnet sich die Informationsaufnahmekapazität des Bewußtseins (Kurzzeitgedächtnis) zu etwa 10 bit/sec.

5. Vor der Durchführung der Experimente wurden die Schüler über ihre Aufgabe unterrichtet, innerhalb einer vorher angegebenen Zeit eine längere "Telefonnummer" auswendig zu lernen; sie wurden darauf hingewiesen, daß die Zeit vielleicht nicht ausreicht, die ganze Zahl zu erlernen; in diesem Falle sollten nur die tatsächlich gelernten Ziffern angegeben werden.

6. In einem Vorversuch (eine 10-ziffrige Zahl wurde den Schülern 3o Sekunden lang gezeigt; nach weiteren 15 Sekunden sollten sie diese auf einen "Versuchsbogen" schreiben) wurden alle Fragen des technischen Ablaufs etc. besprochen.

7. Anschließend wurde (Versuch 1) den Schülern die Zahl 6 3 8 o 5 2 9 1 4 7 kontinuierlich 25 Sekunden lang gezeigt. Nach weiteren 15 Sekunden Wartezeit hatten sie den erlernten Teil der Zahl auf ihre Versuchsbogen zu schreiben und sie anschließend durch Umknicken des Bogens unleserlich zu machen. Der Versuch führte auf folgendes Ergebnis:

Versuch 1 — 638o529147, 25 Sekunden lang gezeigt

Vers. Gr.	Behaltene Ziffern experim.	theor.	Abweichung	Bemerkungen
1	5,7	5,2	o,5	
1	6,0	5,2	o,8	
1	7,4	5,2/8,1		Hinweis auf Lernen in Ziffernpaaren erfolgt!
2	8,3	8,1	o,2	Lernen in Ziffernpaaren!
2	8,6	8,1	o,5	" " "
3	8,3	8,1	o,2	" " "
3	8,4	8,1	o,3	" " "
4	7,o	5,2/8,1		(Teilweise nach Ziffern-
5	6,9	5,2/8,1		(paaren gelernt!
11	7,o	5,2/8,1		" "
12	8,4	8,1	o,3	Lernen in Ziffernpaaren!
13	7,5	8,1	o,6	
14	8,8	8,1	o,7	

Obwohl ein Hinweis auf "Ziffernpaare" nur in den angegebenen Gruppen erfolgte, lernten auch in den anderen Gruppen zahlreiche Schüler - wie sich durch Befragen ergab - nicht in Einzelziffern, sondern in Ziffernpaaren. ("wie im Telefonbuch"!) Tatsächlich läßt sich durch ein solches Vorgehen der objektive Informationsbetrag der zu lernenden Zahl beträchtlich herabsetzen.

Die experimentell ermittelten Werte weichen von den theoretisch ermittelten Werten um weniger als 10 % ab. (Bei gemischtem Lernen in Einer- und Zweier-

Zifferngruppen ist die Angabe eines theoretischen Wertes nicht möglich; die experimentellen Werte liegen etwa in der Mitte zwischen den beiden theoretischen Ergebnissen.)

8. Versuch 2 bestand in der Aufgabe, die von den Schülern im Versuch 1 erlernte Zahl nach weiteren 2o sec (in denen die Schüler durch Gespräche, Geräusche etc. abgelenkt wurden) zu reproduzieren. Obwohl die Zahl den Schülern nicht nochmals gezeigt wurde, wich das Versuchsergebnis von den Ergebnissen des Versuchs 1 kaum ab; dies zeigt, daß die im Versuch 1 aufgenommene Information nicht nur im Kurzzeitgedächtnis gespeichert wurde. Der Abfall der Lernleistung war auffallend gering.

<u>Versuch 2</u> — Die Zahl des 1. Versuchs wurde nach 20 Sekunden reproduziert.

Vers. Gr.	Behaltene Ziffern Vers. 2	Vers. 1	Abweichungen der beiden Versuche
11	7,0	7,o	keine
12	8,4	8,4	keine
13	7,4	7,5	o,1
14	8,6	8,8	o,2

9. <u>Versuch 3</u> stellte den Schülern die Aufgabe, eine 1o-ziffrige Zahl in nur 1o sec Betrachtungszeit zu erlernen. In dieser Zeit können theoretisch nur 3 bis 4 Ziffern der Zahl erlernt werden; der Versuch zeigte jedoch überraschend, daß die Schüler bedeutend mehr Ziffern "behalten" können.

<u>Versuch 3</u> — Die Zahl 2961o84573 wurde 1o Sekunden lang gezeigt.

Vers. Gr.	behaltene Ziffern experim.	theoret.	Abweichung	Bemerkungen
2	7,8	3,2	4,6	(als Ziffernpaare gelernt!)
4	5,9	3,2	2,7	
5	5.4	3.2	2,2	"
11	6,4	3,2	3,2	"
12	7.7	3,2	4,3	"
13	6,6	3,2	3,4	"
14	6,3	3,2	3,1	"

Aus dem Versuch ergibt sich (wie auch aus dem späteren Versuch 5), daß für kurze Speicherzeiten der Größenordnung 1o Sekunden der Speicherprozeß nicht mehr linear verläuft. (Nach der Theorie der linearen Speicherung müßte beispielsweise für das Erlernen einer 6-stelligen Zahl mit einem Informationsbetrag von etwa 1o, 7 bit eine Lernzeit von ungefähr 15 sec angesetzt werden. Die Erfahrung zeigt jedoch, daß man eine solche Zahl schon durch einmaliges Lesen erfassen kann: Man kommt hier mit der halben Lernzeit aus.)

Bei sehr kurzen Lernzeiten muß man also von der Annahme einer linearen Informationsspeicherung abgehen. Wie Versuch 1 gezeigt hat, gilt sie jedoch schon für Speicherzeiten von etwa 2o sec.

Bei Lernzeiten unter 2o sec wirkt sich vermutlich das Kurzzeitgedächtnis mit seiner Speicherkapazität von etwa 1oo bit noch aus. Ein Schüler, der sich sehr konzentriert, "vergegenwärtigt" sich allein mit Hilfe des Kurzzeitgedächtnisses 1o aufeinanderfolgende Eindrücke, ohne daß sie in seinem Dauergedächtnis gespeichert werden. Diese "Störung" durch das Kurzzeitgedächtnis läßt sich quantitativ schwer abschätzen; die Versuche zeigen jedoch, daß bei einer Lernzeit von 1o sec etwa das Doppelte der theoretisch errechneten Ziffernzahl gespeichert werden kann.

10. Nach den genannten Versuchen wurde den Schülern in Versuch 4 eine Zahl mit 2o Ziffern 4o Sekunden lang gezeigt; anschließend mußte der gelernte Teil der betrachteten Ziffernfolge niedergeschrieben werden. Der Versuch fiel der theoretischen Erwartung gemäß aus:

Versuch 4 — Die Zahl 68o352698o7127451843 wurde 4o Sekunden lang gezeigt.

Vers. Gr.	Behaltene Ziffern experim.	Ziffern theoret.	Abweichung	Bemerkungen
1	6,1	8,4	2,3	Vorversuch!
2	8,5	8,4	o,1	
2	7,6	8,4	o,8	
4	9,3	8,4/10,5		Teilweise in Ziffern-
5	9,7	8,4/1o,5		paaren gelernt!
11	10,0	8,4/10,5		Lernzeit 45 Sek.
12	9,3	8,4/1o,5		
13	9,1	8,4/10,5		
14	9,6	8,4/10,5		

Es ergibt sich ein experimenteller Durchschnitt der Versuchsgruppen 4 bis 14 von 9,5 gelernten Ziffern; dem steht ein theoretischer Wert von 9,45 gelernten Ziffern als arithmetisches Mittel von 8,4 und 1o,5 gelernten Ziffern beim Lernen in Einzelziffern bzw. Ziffernpaaren entgegen.

11. Bei Versuch 5 wurde den Schülern ebenfalls eine 2o-stellige Zahl 4 mal aufeinanderfolgend je 1o Sekunden lang gezeigt. Die Pausen betrugen je 25 Sekunden. Es war zu erwarten, daß das Ergebnis des Versuchs 5 günstiger ausfallen würde als dasjenige des vorhergehenden Versuchs. Die Abweichungen der experimentellen Ergebnisse von den theoretischen Resultaten erwiesen sich als sehr gering, wenn man die theoretischen Werte wie folgt festsetzt:

Nach der 1. Lernperiode sind - vgl. Versuch 3 - ungefähr doppelt so viele Ziffern gespeichert, wie der theoretische Wert 2,8 angibt, also rund 5,6 Ziffern. Dies ergibt sich aus der besprochenen Nichtlinearität während der ersten Sekunden des Lernvorgangs. Die weitere Speicherung soll dann streng nach dem Linearitätsgesetz erfolgen: in den folgenden drei Lernperioden werden je 2,8 Ziffern zusätzlich gespeichert. Die sich hieraus ergebende theoretische Folge von 5,6 - 8,4 - 11,2 - 14,o gelernten Ziffern konnte ziemlich genau experimentell bestätigt werden.

Versuch 5 — Die Zahl 852986o4337695o14172 wurde mit Zwischenpausen von je 25 Sekunden viermal je 1o Sekunden lang gezeigt.

Vers. Gr.	Behaltene Ziffern							
	experimentell				theoretisch			
Periode:	1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.
4	5,8	8,6	11,7	13,7	5,6	8,4	11,2	14,o
5	5,5	7,2	11,4	----	5,6	8,4	11,2	14,o
11	5,7	8,9	11,4	14,6	5,6	8,4	11,2	14,o
12	5,5	8,4	11,o	14,o	5,6	8,4	11,2	14,o
13	5,o	8,4	11,o	14,o	5,6	8,4	11,2	14,o
14	6,7	9,o	11,o	14,o	5,6	8,4	11,2	14,o

Das Versuchsprogramm wurde aus einer Reihe von Vorversuchen am Gottlieb-Daimler-Gymnasium Bad Cannstatt gewonnen.

Schrifttumsverzeichnis:

v. Cube, F.: Grundsätzliche Probleme bei der Anwendung der Shannonschen Formel .... Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft, 1960/1 (1960 a)

" Zur Theorie des mechanischen Lernens. Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft, 196o/5 (196o c)

" Über ein Verfahren der mechanischen Didaktik. Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft 1961/1 (1961)

Frank, H.: Über grundlegende Sätze der Informationspsychologie. Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft 1960/1 (1960).

Eingegangen am 7. November 1961

DER BEGRIFF DER PHILOSOPHIE

von Max Bense, Stuttgart.

Es handelt sich im Folgenden um eine Bestimmung des Begriffs der Philosophie, also der Arbeit, die sie zu leisten hat, wenn sie ihren Sinn nicht völlig verlieren will. Man muß eine solche Bestimmung vornehmen, weil die Lage der Philosophie noch immer sehr prekär ist. Auf der einen Seite werden ihre Probleme zu Scheinproblemen gemacht und auf diese Weise zerstreut, auf der anderen Seite werden sie jedoch nach wie vor theologisch, politisch und literarisch verarbeitet und bleiben sie uns in diesen Zusammenhängen erhalten. Im Ganzen kann man sagen, hat ihre absolute Selbständigkeit sehr verloren, aber ihre relative Unselbständigkeit hat ihr vielleicht sogar neues Gewicht verliehen. Jedenfalls scheint ihre systematische Form in starkem Maße durch eine disperse ersetzt worden zu sein und einem Kontinuum von Überlegungen ist zweifellos vielfach eine diskrete und offene Folge von Gedanken gewichen. Es ist einzusehen, daß ihr damit die Idee der Abgeschlossenheit fremder geworden ist, während der Grad der Anwendbarkeit zugenommen hat.

Man kann fragen, wodurch die umstrittene Lage der Philosophie zustande gekommen ist und die Antwort wird vor allem folgende Punkte festhalten müssen:
Zunächst ist die philosophische Entwicklung ganz allgemein durch einen gewissen Mangel in der Ausdifferenzierung ihrer Probleme, ihrer Methoden und ihrer Sonderdisziplinen aus ursprünglich einheitlichen Wissenskomplexen ausgezeichnet. Ihrem pathetischen Universalismus entspricht es, daß innerhalb ihrer Überlegungen die sprachliche Fixierung - die Bezeichnungsfunktion im Verhältnis zur Mitteilungsfunktion - vernachlässigt wurde. Die Stärkung der Ausdruckskraft konnte nur durch eine Schwächung der Theorienbildung erkauft werden. Das starke Festhalten am Historizismus und am Konfessionalismus in der philosophischen

Gedankenbildung hat ihre saubere Ausprägung zu einem echten erforschbaren Gebiet bis heute noch in weiten Problemstrecken verhindern können. Das Versäumnis einer wirklichen Grundlagenkrisis, das gesamte Philosophieren von innen, von sich selbst her, nicht von außen, ergriffen und kontrolliert hätte, gehört ebenfalls zu dem großen und wichtigen Thema des Zurückbleibens der gesamten Geisteswissenschaften hinter den Naturwissenschaften, was das Schöpferische, den Grad der Innovation, die Beeinflussung der Grundlagen und der Lebensform innerhalb unserer Zivilisation angeht. Denn die intelligiblen Dekadenzverhältnisse des neuzeitlichen Geistes sind ja in der Philosophie und in den Geisteswissenschaften, nicht in der Naturwissenschaft, in der Mathematik oder in der Technik zu Tage getreten.

Immerhin bietet das weite Trümmerfeld diskreditierter Probleme und diskordanter Begriffsschichten, das die philosophische Entwicklung in ihrem Fach oder in ihren Fächern hinterlassen hat und die in jeder noch so billig zu habenden politischen oder religiösen Weltanschauung ausnützbar sind und verbraucht werden können, heute die Möglichkeit eines neuen Aufbaus der Philosophie an, wenn wenigstens drei allgemeinere Forderungen an ihn gestellt und in erster Annäherung auch erfüllt werden können. Ich meine die Forderung der grundsätzlichen Relativität der philosophischen Probleme, worunter ich ihre materiale und funktionale Abhängigkeit von empirisch zugängigen Bereichen der Wissenschaft, der Kunst, der Literatur, der Technik, der Gesellschaft und dergleichen verstehe; dann die Forderung der grundsätzlichen Rationalität der philosophischen Denkweise, worunter ich ihre Darstellung in sprachlich zugängigen, deduktiven oder induktiven, intuitiven oder spekulativen Abläufen verstehe, sofern diese, frei von emotionalen und transzendenten Gründen und Tendenzen, definit und korrigierbar bleiben, also in endlich vielen Schritten durchführbar bleiben; schließlich die Forderung der grundsätzlichen Diskontinuität philosophischer Theorien einerseits und ihrer Konkordanz andererseits, worunter ich die partikuläre, primär nicht systematische, absolute Behandlung philosophischer Probleme und ihren materialen Zusammenhang, wenn auch nicht die konsistente Anordnung verstehe.

Vom Standpunkt dieser Forderungen scheint mir der nicht erst heute erkennbare disperse Zustand der Philosophie ebenso sinnvoll zu werden wie die Tatsache, daß die primäre Unverbindlichkeit ihrer Redeweise sekundär zu einer Manipulierbarkeit und Anwendbarkeit führt und daß sie keine Objektwissenschaft, sondern eine Metawissenschaft ist, also nicht von Objekten, sondern von Sätzen über Objekte handelt.

Nur in der Annäherung an die Erfüllung dieser Forderungen der Relativität, der Rationalität und der Partikularität kann man zulassen, daß die Philosophie auf eine vollständige Notierung ihrer Sätze (in dem Sinne, daß wie die Mathematiker gele-

gentlich sagen, erst mit dem Beweis der Satz abgeschlossen ist) verzichtet und in der Mitteilung genügend unvollständig bleibt, offen für Innovationen, die in der Gestalt von bloßen Ideen auftauchen, deren Losgelöstheit von anderen ihren spezifischen Charakter ausmacht und deren Anwendung auf andere oder Beziehung zu anderen ihre experimentelle Rolle bestimmt.

Zunächst heben wir also hervor, daß Philosophie ein metawissenschaftlicher Begriff ist: der Begriff für eine Klasse von disziplinarischen Überlegungen, Theorien oder sogar Wissenschaften wie Naturwissenschaft oder Geisteswissenschaft. Allerdings sind die unter dem Begriff Philosophie zusammengefaßten Überlegungen, Theorien oder Wissenschaften weder zur Naturwissenschaft, noch zur Geisteswissenschaft gehörig, wenn auch beziehbar auf diese und verbindlich für sie. Im Interesse der Erfüllung der gestellten Forderungen und insbesondere im Interesse ihrer Dispersierbarkeit würde ich es sogar vorziehen den Begriff der Philosophie nur im Sinne eines Oberbegriffs gewisser Theorien, die an und für sich weder in die Naturwissenschaft noch in die Geisteswissenschaft fallen, aber für beide verbindlich sind, zu verwenden. Offenbar gehören die Grundlagen und Grenzen aller Wissenschaften einem Medium von Begriffen und Relationen an, das ziemlich genau dem entspricht, das uns reiner in der Philosophie begegnet. Jedenfalls lassen sich alle Wissenschaften bis auf diese Gründe zurückführen, sodaß jede einzelne Wissenschaft genau in dem Umfang als philosophisch fundiert erscheint, als sie einer Grundlagenkrisis fähig ist. Die Grundlagenkrisis äußert sich ja durchweg in den Wortbedeutungen und in den Satzgeweben, nicht aber in den Sachgebieten, sodaß es sich bei ihr also primär um einen metawissenschaftlichen, nicht um einen objektwissenschaftlichen Vorgang handelt.

Mit dieser Feststellung können wir indessen schon auf eine weitere Bestimmung der Philosophie verstoßen. Die überkommene philosophische Literatur, die bisherige Arbeit der philosophischen Denker läßt sehr deutlich drei verschiedene Funktionen der philosophischen Denkweise und Äußerung erkennen. Ich meine die f u n d i e r e n d e, die k r i t i s c h e und die u t o p i s c h e Funktion der Philosophie.

Die fundierende Funktion der Philosophie, die wir schon eingeführt haben, macht sie zur allgemeinen Grundlagenforschung, die gewissermaßen am Fuße jeder Wissenschaft, jedoch auch an ihren Grenzen, in Gang gebracht werden kann. Die fundierende Funktion der Philosophie bezieht sich also auf die Grundlagen der Wissenschaften, bedient sich also der wissenschaftlichen Verfahrensweise nach Maßgabe der Wissenschaft, worauf sie sich bezieht; sie tritt zwangsläufig mit der Grundlagenkrisis hervor. Die Grundlagenkrisis der Mathematiker, die mit der Mengenlehre und der Nichteuklidischen Geometrie etwa einsetzte, ist ein denkwürdiges Beispiel für

den Einbruch philosophischer Grundlagenforschung in die Bereiche der Mathematik. Man darf jedoch nicht vergessen, daß bereits die aristotelische Metaphysik, mindestens im Verhältnis zur damaligen Mathematik und Naturwissenschaft, Ausdruck der fundierenden Funktion der Philosophie bzw. Grundlagenforschung gewesen ist. Desgleichen bedeutet Kants "Kritik der reinen Vernunft", sofern sie sich auf Euklids Geometrie und Newtons Physik bezieht, reine Grundlagenforschung, also Betätigung der fundierenden Funktion der Philosophie. Die neopositivistische Naturphilosophie, in erster Linie relativistische Raum-Zeitlehre und philosophische Analyse der Quantenmechanik, vor allem mit den Hilfsmitteln der Logistik, ist im wesentlichen metawissenschaftliche Grundlagenforschung und ein echtes Stück der fundierenden Funktion der Philosophie, genau wie die sprachenanalytischen Methoden Moore's oder Wittgenstein's und ihrer Nachfolger, die sich bekanntlich zum Teil auf die konventionelle Philosophie selbst bezogen haben.

Die kritische Funktion der Philosophie, die schon immer den Argwohn des Publikums, der privilegierten Klassen und herrschenden Mächte, insbesondere aber der Konfessionen hervorgerufen hat, geht davon aus, daß die Philosophie als die allgemeinste Betätigung des menschlichen Geistes genau damit das Recht gewonnen hat, jedes Faktum des Lebens und der Gesellschaft im Hinblick auf grundsätzliche Verbesserungen bestehender Verhältnisse zu reflektieren und zu kritisieren. Die überkommene Philosophie hat seit Sokrates von diesem sinnvollen Recht Gebrauch gemacht.

Mit der Aufklärung im 18. Jahrhundert, mit Locke, Voltaire, d'Alembert und Diderot wird die kritische Funktion der Philosophie ein sehr bewußter und höchst legitimer Vorgang menschlichen Denkens, dessen öffentliche Wirksamkeit nicht mehr bestreitbar ist und der, was die Änderung bestehender Mißverhältnisse angeht, Erfolge zu verzeichnen hat. Im 19. Jahrhundert bilden Kierkegaard, Marx und Nietzsche einen Gipfelpunkt der kritischen Denkweise der Philosophie. Kierkegaard kritisiert den ästhetischen Menschen im Hinblick auf den religiösen, Marx den ausbeutenden im Hinblick auf den ausgebeuteten Menschen, um dem ethischen den Vorrang vor der ästhetischen und der religiösen Lebensführung zu geben und Nietzsche wiederum kritisiert Staat, Kirche, Gesellschaft, Kunst und Wissenschaft, um vitalen und ästhetischen Gesichtspunkten menschlichen Daseins öffentliche Geltung zu verschaffen. Die kritische Funktion der Philosophie bezieht sich also auf Realitäten des menschlichen Daseins, sie kann sich daher auf geistige Äußerungen als Ganzes beziehen und somit Kunst, Wissenschaft, Literatur und Philosophie selbst einbeziehen; man kann ihren Sinn demnach in der Existenzbestimmung sehen, in der sinnvollen Erfüllung individueller und gesellschaftlicher Daseinsfunktionen des Menschen.

Die utopische Funktion der Philosophie ist infolgedessen eng mit der kritischen verknüpft. Kritik bezieht sich auf Realität. Utopie auf Irrealität. Die utopische Funktion der Philosophie, die um Normen und um Zukunft bemüht ist, ergänzt die kritische Funktion der Philosophie, die bestehende Verhältnisse der Gegenwart aufdeckt. Die utopische Funktion ist also eine der antizipierenden Funktionen, von denen Ernst Bloch gesprochen hat. Wie die fundierende und kritische Funktion der Philosophie ist auch die utopische in ihrer gesamten Geschichte wirksam. Platons Staat, Lessings Erziehung des Menschengeschlechtes, Marx's "klassenlose Gesellschaft", Nietzsches "Übermensch", aber auch Kierkegaards "Krankheit zum Tode" und Blochs "Prinzip Hoffnung" sind Niederschläge der utopischen Funktion der Philosophie, deren Formulierungen die Grundlagenforschung und die Existenzbestimmung durch das, was wir Entwurf nennen möchten, ergänzt. Fundierende Grundlagenforschung, kritische Existenzbestimmung und utopischer Entwurf bezeichnen also die Möglichkeiten der Philosophie, ihre Tendenzen wie die Art ihrer Form. Denn es bedarf wohl keiner Frage, daß die Grundlagenforschung die Form der Theorie und die abstrakte Sprache bevorzugt, daß die kritische Funktion der Existenzbestimmung den Stil der reflektierenden Polemik des Traktats handhabt, während der utopische Entwurf allein berechtigt ist, rhethorisch die mitteilende Rolle der philosophischen Redeweise über ihre bezeichnende triumphieren zu lassen, was das "Kommunistische Manifest" ebenso kennzeichnet wie den "Zarathustra" oder "Das Prinzip Hoffnung". Jedenfalls ist mit dem Übergang von der fundierenden zur kritischen und zur utopischen Tendenz der Philosophie der Übergang von der wissenschaftlichen zur politischen und zur literarischen Sprache unverkennbar. Dem Beutezug des Denkens fallen nacheinander Ideen anheim, die sich immer weiter vom Maßstab der Unwiderruflichkeit entfernen. Erst der Verlust der absoluten Wahrheitsbeträge scheinen den relativen und rationalen Formulierungen Bedeutung und Wirksamkeit in der Realität zu verleihen, wenn man den Gedanken aufgegeben hat, daß die Ideen überhaupt ein Kontinuum bildeten. Die partikuläre Philosophie, die auf diese Weise an die Stelle der universalen getreten ist, kann also konzentrierter vorgehen. Das Diskontinuum der Ideen läßt es zu, daß sie an manchen Stellen der intelligiblen Welt gehäufter auftreten, daß man sie ohne Bedenken verlassen oder woanders wieder antreffen kann. Doch wird die geschmeidige Transportabilität mit einer Ortslosigkeit und diese wieder mit einem Ungehorsam der Ideen erkauft, was ihre Systematik und ihre Popularität anbetrifft.

Was hier ausgeführt wurde, gilt sowohl für die fundierende wie auch für die kritische und die utopische Funktion der Philosophie. Natürlich sind diese verschiedenen Dimensionen philosophischer Denkweise nicht gänzlich unabhängig voneinander, im Gegenteil, in ihrer Arbeit aufeinander angewiesen. Dem utopischen Entwurf wird immer, auch wenn sie nicht fixiert wurde, eine kritische Existenzbestimmung vor-

angehen und diese wird sich stets, wenn sie ebenso genau wie hart sein will, gewisser Ergebnisse der fundierenden Grundlagenforschung bedienen. Was ausgeführt wurde, gilt weiterhin auch für jene disziplinarischen Überlegungen, Theorien oder Wissenschaften, die wir oben als philosophische zusammengefaßt hatten, also ebenso für Logik und Wissenschaftstheorie, klassische Metaphysik und moderne Ontologie, Semiotik, Semantik, Ethik, Ästhetik usw. Unabhängig von dem besonderen Problemkreis, der sie beschäftigt, kann jede philosophische Überlegung im Prinzip fundierend, kritisch oder utopisch gerichtet sein. Diese Ausdrücke dürfen nicht zu eng gefaßt werden. In der Logik ist das Problem der Axiome bzw. der Axiomatisierung ein Fundierungsproblem; der Tautologismus eine Frage der Kritik und das Toleranzprinzip utopischer Natur. In der Ästhetik gehören die statistischen Untersuchungen über die Verteilung aufgewendeter Mittel zum Fundierungsbereich, historische Probleme zu den Aufgaben der Kritik und Wertprobleme fallen in die utopische Denkweise. Für andere philosophische Disziplinen oder Theorien lassen sich ähnliche Aufteilungen vornehmen. Die Bildung typischer Ismen, Weltanschauungen oder Ideologien betont die utopische Funktion der Philosophie.

Es ist auch nicht schwer, aufzudecken, daß in der Fundierungsfunktion der Philosophie der denkerische Vorgang sich vor allem in der Folgerung äußert, daß er in der kritischen Funktion in erster Linie auf Feststellung aus und daß die utopische Funktion der Philosophie von der Entscheidung beherrscht wird. Um die eingangs unserer Darlegungen aufgestellten Forderungen der Relativität, Rationalität und Partikularität der philosophischen Denkweise festzuhalten, ist hinzuzufügen, daß die auf Folgerung bedachte Fundierungsfunktion das Prinzip der Immanenz des Grundes zur Methode erhebt; daß die kritische Existenzbestimmung des Menschen streng ateistisch verlaufen muß, wenn sie das philosophisch unverantwortliche Ableiten in eine theologisch und konfessionell bestimmte Dogmatik vermeiden will und daß die utopisch gerichtete Entscheidung wenigstens die Possibilität des Entwurfs nicht aus dem Auge verlieren darf.

Denkt man weiterhin daran, daß die philosophischen Vorgänge sich metawissenschaftlich auf Aussagen über Objekte, nicht auf die Objekte selbst richten, daß sie sich also stets im Medium der Sprache abspielen, demnach Kommunikation in Rechnung setzen, deren Wesen eine Vermittlung von Zeichen ist, die realisiert, kodiert und dekodiert möglich sind, ist die semiotische Kennzeichnung der grundlegenden philosophischen Funktionen nicht unwichtig. Es zeigt sich, daß die Fundierungsfunktion semiotisch betrachtet, sich vornehmlich purer Symbole bedient, um ihre Reduktionen und Deduktionen durchzuführen, daß die kritische Funktion ihre Feststellung, vorwiegend ikonisch abbildend, schätzend und vergleichend beschreibt, um zu überzeugen und daß endlich jede utopische Funktion ihre Werte, ihre Wunschbilder, ih-

re Zukunft in Begriffen und Bildern entwirft, die jeweils den Charakter eines Index annehmen. Denn mehr als Anzeigen, Richtunggeben kann kein Wert, kein Prinzip Hoffnung, keine Nennung der Zukunft; das entworfene Bild gewinnt seine Möglichkeit nicht durch die analogen Züge, die man in ihm vermutet oder ersehnt, es gewinnt sie nur dadurch, daß es sagt, was zu tun ist, welcher Weg eingeschlagen, wie die Entscheidung gefällt werden soll.

Es scheint mir zum Abschluß noch wichtig, vom spekulativen Denken zu sprechen, von dem immer wieder einmal gesagt wird, daß es zum Wesen des philosophischen Geistes gehöre. Whitehead war einer der wenigen, der es als Mathematiker und Metaphysiker verteidigte, indem er frühzeitig eine richtige Vorstellung von seiner Struktur, seiner Tendenz gewann.

Die Wissenschaften benötigen Ideen, die je losgelöster, umso zugängiger, je flüchtiger in den Materialien, umso dauerhafter als Schema, je zeichenhafter umso biegsamer, je abstrakter, umso reflektierbarer sind. Solche Ideen werden am leichtesten spekulativ gewonnen, also im Verlassen begrenzter Sachgebiete, doch in beständiger Reflexion auf sie und indem man stärker auf die bloße Verantwortung gewisser Einsichten, noch nicht auf ihre definitive Bestätigung aus ist. Spekulativ ist eine Denkweise, wenn sie mit Worten nicht mit Wahrheitswerten experimentiert. Man spricht von Gedankenexperimenten und Gedankenexperimente sind spekulativ. Es ist klar, daß sie alle Funktionen der Philosophie in Gang bringen können, die fundierende so gut wie die utopische, am wenigsten vielleicht die kritische. Denn so angeregt jede Folgerung in der beständigen Immanenz des Grundes durch spekulative Ideen werden kann so sehr sie unter Umständen die Entscheidung angesichts der Possibilität der Entwürfe erleichtert, so wenig hat die Feststellung, die eine Kritik trifft, von der experimentierenden Beweglichkeit des Geistes.

Es darf demnach nicht übersehen werden, daß es in allen fortschrittlichen Wissenschaften neben den verbindlichen Forderungen der Beweisbarkeit und der Mitteilbarkeit auch die der Spekulation, eines Denkens, das sein Objekt nur umkreist und als Unbestimmtes einkalkulieren kann, gibt. Neben der Methode der Folgerung, die die Theorien zu ihren Theoremen gelangen läßt, besteht die Methode der Identifizierung, durch die die Objekte, von denen jene handeln, umrissen werden. Gewiß bewegt sich die mathematische Spekulation anders und in anderer Richtung, aber es gibt sie im gleichen Sinne wie es die metaphysische Spekulation gibt, und während keine physikalische Forschung ohne mathematische Spekulation auf die Dauer Erfolge gewinnen kann, ist auch jede Art von Literatur direkt oder indirekt eingebettet in eine metaphysische Spekulation auf Reales oder Imaginatives.

Doch das Leben benötigt Ideen, den Gedanken an die Worte vor dem Gedanken an ihre Wahrheit oder Unwahrheit. Es benötigt das spekulative Denken, das experimentierend auf solche Ideen gerichtet ist, die keinen verarmten Intellekt, keine Dürre des Lebens mehr zulassen würden. Auch kann jene Stelle des Körpers, durch die das Dasein evident wird, genau eine solche Idee sein, die das Bewußtsein nur als Versuch zu aktzeptieren vermag.

Denn wie es kein Kontinuum der Ideen gibt, gibt es auch keines des Lebens. Zwischenräume im Bereich des einen schaffen erst den Platz für das andere, und es gehört im Ganzen auch zur Aufgabe der Philosophie hier zu vermitteln und Ideen für den ausreichenden Zusammenhang der Wissenschaft, der Kunst, der Literatur, der Gesellschaft, der Politik, der Moral mit den Körpern der Individuen, ihren listigen und ohnmächtigen Bewegungen der Liebe und des Hasses vorzubereiten. Daß sie damit fast als einzige Tätigkeit des menschlichen Geistes auch den Ungehorsam der Ideen, ihre Rücksichtslosigkeit gegenüber saturierenden Vorstellungen vom Dasein bewußt in Betracht zieht und mit ihm arbeitet, erhöht ihren Rang.

Die Philosophie, scheint mir, hat, gerade durch die Tatsache, daß ihr die literarische Form ebenso möglich ist wie die wissenschaftliche, immer die Möglichkeit, spekulative Ideen zu entwickeln, die als solche also konkret oder material für sich selbst stehen und auf diese Weise einen ebenso unstofflichen wie kühnen Druck auf Erscheinungen des Lebens, auf die Sinne, auf das Geschlechtliche, auf Hass und Liebe, auf Macht und Opposition, auf alle vitalen Akte, die genügend Rationalität oder Sensibilität besitzen, ausüben und die großen Merkmale des individuellen und des gesellschaftlichen Wesens voneinander scheiden und ich finde auch, daß die utopische Funktion der Philosophie mit Recht immer wieder auf derartige konkrete zugleich radikale und spekulative Ideen aus ist.

Eingegangen am 3o. November 1961

Inhaltsverzeichnis von Band II, 1961.

Denkschrift

zur Gründung eines

Institutes für Regelungstechnik

Dem Vorsitzenden des

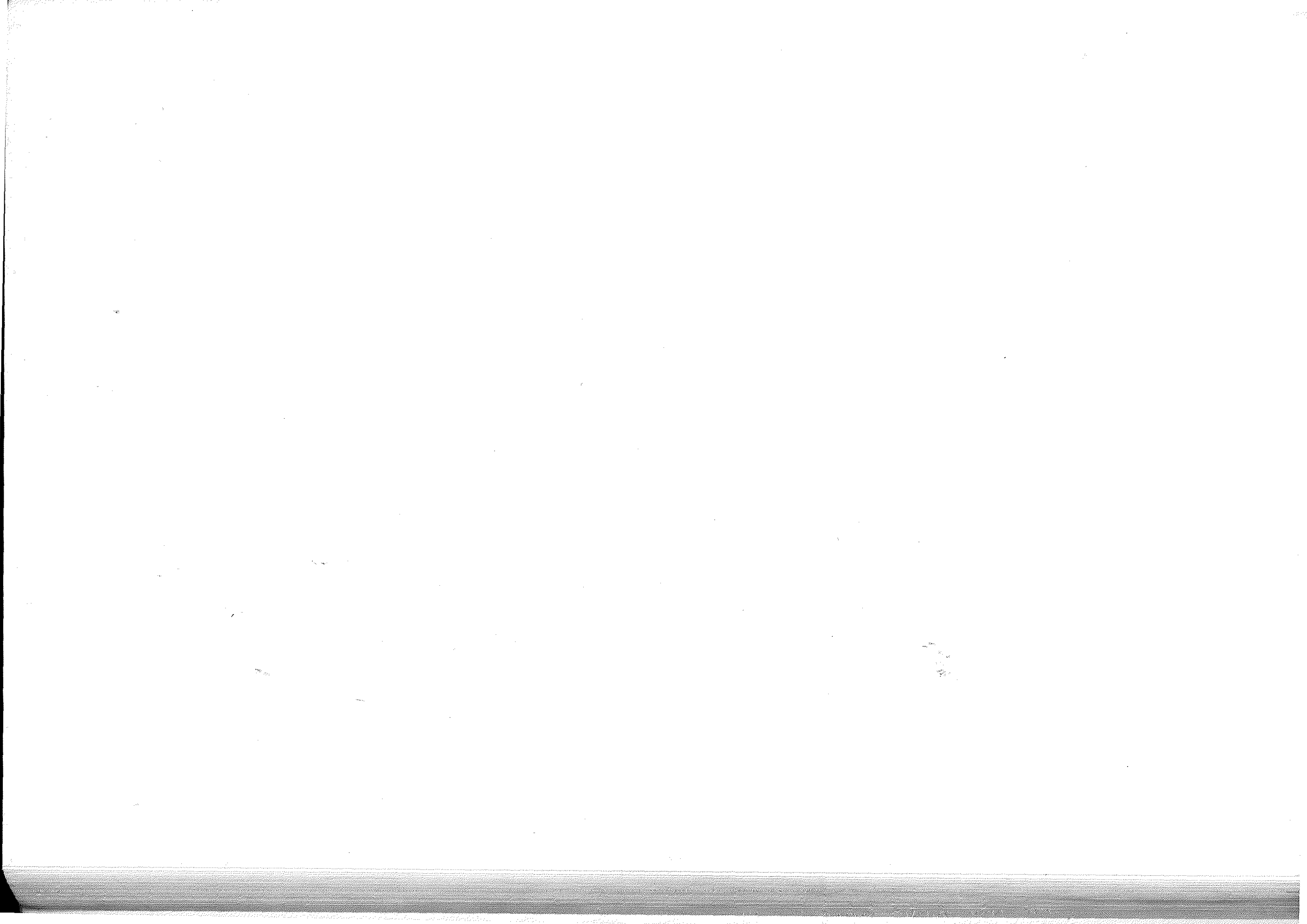
Vereines deutscher Ingenieure im NSBDT.

vorgelegt von

DR. PHIL. HERMANN SCHMIDT

a. p. Prof. a. d. Technischen Hochschule Berlin
Reg.-Rat und Mitglied des Reichspatentamts
Obmann des VDI-Fachausschusses für Regelungstechnik

*



VORWORT DER SCHRIFTLEITUNG.

Die Geschichte dessen, was man heute KYBERNETIK zu nennen pflegt (ohne daß über eine auch nur halbwegs genaue Festlegung dieses Begriffes schon eine allgemeine Übereinstimmung bestünde), begann nicht erst mit dem Erscheinen von Norbert Wieners aufsehenerregendem Buch "Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine" (Paris, Cambridge, New York, 1948). Unter den früheren Vertretern gleichartiger Gedanken heben B. Hassenstein in seiner Beitragsfolge in der "Naturwissenschaftlichen Rundschau" ("Die bisherige Rolle der Kybernetik in der biologischen Forschung"; Jg. 13, 1960, Hefte 9 - 11) und H. Frank in seiner Artikelreihe in der "Umschau" ("Kybernetik - Brücke zwischen den Wissenschaften", Jg. 61, 1961, Hefte 14, 15, 17, 19) vor allem den deutschen Ingenieur Hermann Schmidt hervor. Beidesmal findet sich aber nur Schmidts Arbeit "Regelungstechnik - Die technische Aufgabe und ihre wirtschaftliche, sozialpolitische und kulturpolitische Auswirkung" zitiert (VDI-Zeitschrift, Jg. 85, 1941, Heft 4). In Vergessenheit geraten war die "Denkschrift zur Gründung eines Institutes für Regelungstechnik", mit welcher Hermann Schmidt 1941 die neuen Bestrebungen auch organisatorisch zu fördern suchte - was in der damaligen Situation bei der Abfassung der Denkschrift zu einigen wenigen Zeilen taktischen Inhalts führen mußte, die jedoch die auch heute noch aktuelle Thematik der programmatischen Schrift natürlich unberührt lassen.

Auf unsere Anfrage nach den bibliographischen Daten dieses Privatdruckes schrieben uns Dr.-Ing. G. Heinzmann und Dipl.-Ing. A. Hinz von der Geschäftsstelle der VDI/VDE-Fachgruppe "Regelungstechnik" am 7.9.1961:

"... Wir hoffen, daß Ihnen folgende Auskünfte nützlich sind, obgleich sie unvollständig sind, da unsere Akten aus der Kriegszeit verloren gingen und wir die Vorgänge nur unvollständig rekonstruieren können.
Nach einer Notiz in der VDI-Zeitschrift, Bd. 86 (1942), S. 148, ist die Denkschrift im Oktober 1941 in beschränkter Zahl gedruckt worden und stand auf Anforderung bei der Geschäftsstelle des VDI zur Verfügung. Sie ist verfaßt worden auf Veranlassung des Wissenschaftlichen Beirats des VDI vom Obmann des VDI-Fachausschusses für Regelungstechnik, Herrn Prof. Dr. phil. Hermann Schmidt. Sie fand die Billigung von Rektor und Dekan der Fakultät für Maschinenwesen der TH Berlin, ferner der Direktoren der wichtigsten regelungstechnischen Firmen und des Vorsitzenden des VDI. Als unmittelbare Folge dieser Denkschrift ist wohl anzusehen die im November 1944 erfolgte Gründung des ersten deutschen Lehrstuhls für Regelungstechnik in der Fakultät für Maschinenwesen der TH Berlin. Am 25. November 1944 wurde Professor Hermann Schmidt als ordentlicher Professor auf diesen Lehrstuhl berufen.

Die Denkschrift ist heute noch besonders interessant, weil in ihr erstmalig die Forderung erhoben wurde, eine "Allgemeine Regelungskunde" zu entwickeln, in der sich technische und biologische Einzelaufgaben zu einer Einheit verbinden. Es wurde auch bereits auf die sozialpolitischen und kulturpolitischen Auswirkungen der Regelungstechnik hingewiesen. Dies alles kam schon in der von Professor Hermann Schmidt angeregten Vortragsfolge "Die Regelungstechnik als technisches und biologisches Grundproblem" zum Ausdruck, die auf der Sitzung des Wissenschaftlichen Beirats des VDI am 17. Oktober 194o gehalten und dann in der VDI-Zeitschrift, Bd-85 (1941), S. 81/1o4, veröffentlicht wurde. Der damals von Professor Schmidt entwickelte Begriff der allgemeinen Regelungskunde deckt sich wohl weitgehend mit dem später entwickelten Begriff der Kybernetik, wenn bei dieser auch als neues Element die Informationstheorie hinzukam. (Der Begriff "Allgemeine Regelungskunde" im Sprachgebrauch des heutigen Ausschusses Regelungskunde der VDI/VDE-Fachgruppe Regelungstechnik stimmt vollständig mit dem der Kybernetik überein, da die Informationstheorie zu einem unentbehrlichen Werkzeug der Regelungs- und Steuerungstheorie geworden ist.)

Die Denkschrift ist unseres Wissens nur an Interessenten verschickt worden, nicht im Buchhandel erschienen und wohl auch kaum in Bibliotheken vorhanden. ..."
Wir sind der Überzeugung, daß dieses wichtige Dokument es verdient, der Vergessenheit entrissen zu werden. Der Autor hat uns freundlicherweise das letzte greifbare Exemplar zur originalgetreuen Reproduktion auf photomechanischem Wege zur Verfügung gestellt. Es erscheint damit als Beiheft des Jahrgangs II, 1961, der "Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft".

Im Dezember 1961 Die Schriftleitung.

Inhalt

A. Die Bedeutung der Regelungstechnik

1. Die heutige Verbreitung der Regelungstechnik und die Notwendigkeit einer „Allgemeinen Regelungskunde“.

Mit Beginn dieses Jahrhunderts, besonders aber in den letzten beiden Jahrzehnten, hat sich die Regelungstechnik von der Drehzahl- und Leistungsregelung der Maschinen aus über das Gesamtgebiet der Technik, insbesondere auch die Wehrtechnik, in rascher Entwicklung ausgebreitet.

In der Elektrotechnik ist es der Zusammenschluß der Netze für die Verteilung elektrischer Energie zu einem Reichsnetz, der heute an die Regelung von Wirk- und Blindleistung, Frequenz und Frequenzintegral Anforderungen stellt, die mit den Mitteln der alten Drehzahlregelung nicht mehr zu erfüllen sind. Die Rationalisierung der Betriebsführung schreitet, gestützt auf die Leistung der Regelungstechnik, fort, die eines ihrer unentbehrlichen Hilfsmittel ist. Betriebsgrößen, wie Temperatur, Druck, Dichte, Heizwert, strömende Menge, Mischungsverhältnis, Behälterstand, um nur einige nichtelektrische Größen vorwiegend aus dem wärmetechnischen Bereich zu nennen, werden zu geregelten Größen. In der Regelungsmechanik finden wir vor allem die Stabilisierung von Flugzeugen nach Quer- und Längslage und Kurs, von Plattformen für Geschütze und Scheinwerfer, die Regelung des Laufs des Torpedos. Die Feuerleittechnik kennt ebenso wie die Nachrichten- und Fernmeldetechnik zahlreiche Regelungsaufgaben. In mehr als einem Drittel der Prüfungsklassen des Reichspatentamtes werden Erfindungen aus der Regelungstechnik bearbeitet.

In engem Zusammenhang mit der Regelungstechnik, teilweise als ein Sondergebiet von ihr, entwickelt sich die Automatisierung der Arbeitsmaschinen in der Fertigungstechnik.

Zur Regelung der ständig wachsenden Zahl elektrischer, thermischer und mechanischer Größen an den verschiedenartigsten Systemen wird eine Fülle von Regelgeräten sehr verschiedener Bauart benutzt. Die Regelgeräte sind mit mechanischen, hydraulischen, pneumatischen oder elektrischen Mitteln aufgebaut und zeigen häufig untereinander vorwiegend nach Bauart, aber auch nach ihrer Wirkungsweise keine engere Verwandtschaft.

So mutet die Fülle der Regelgeräte für die verschiedenen Regelgrößen und die große Mannigfaltigkeit der zu regelnden Systeme zunächst chaotisch an. Auch die neueren Theorien, die in Verbindung mit den unter sich vielfach zusammenhanglosen Entwicklungsarbeiten der Industrie entstanden sind, sind meist auf enge Sondergebiete oder gar Einzelfragen beschränkt und auch wegen der ihnen eigentümlichen Sprache und Begriffsbildung für Arbeiten außerhalb ihres Entstehungsgebietes ohne rechten Nutzen.

Die Verschiedenartigkeit der Regelgrößen und der zu regelnden Systeme, die Mannigfaltigkeit der Reglerbauarten und die Zusammenhanglosigkeit der Regelungstheorien können aber nicht darüber täuschen, daß es sich bei ihnen allen um dieselbe Aufgabe handelt und daß es erforderlich ist, eine Allgemeine Regelungskunde zu entwickeln, in der sich alle regeltechnischen Einzelaufgaben zu einer Einheit verbinden.

2. Die Regelung als technisches Grundproblem.

Man sieht heute manchmal noch mit rückwärts gerichtetem Blick in der Regelungstechnik ein bloßes Sondergebiet, z. B. der Lehre der Dampfmaschinen, der Turbinen oder Generatoren. Dem vorwärts blickenden Techniker zeigt sich jedoch, daß die Regelung ein technisches Grundproblem ist. Die unverkennbare grundsätzliche Gleichheit der Aufgabe aller regeltechnischen Arbeiten einerseits, das ständige und rasche Anwachsen der Zahl dieser Arbeiten, die immer weitere Gebiete der Technik in die Regelungstechnik einbeziehen, andererseits, ist ein Beweis dafür, daß es sich bei der Regelungstechnik um ein technisches Grundproblem handelt. Der geschichtliche Gang der Technik durch die weiteren Jahrzehnte wird mehr und mehr durch die Regelungstechnik sein Gepräge erhalten.

3. Die Regelungstechnik als methodische Vollendung der Technik.

Im Gegensatz zur Tiertechnik zeigt unsere menschliche Technik Entwicklung. Die Tiertechnik entwickelt sich, über lange Zeiträume

betrachtet, nicht wesentlich; sie ist gegenüber unserer Technik quasistatisch. Die geschichtliche Entwicklung unserer Technik ist von der fortschreitenden Zweckerfüllung begleitet. Wir können nach dem verschiedenen Grad der Zweckerfüllung, den wir bei einer technischen Konstruktion erreichen, drei Stufen der technischen Entwicklung unterscheiden:

1. die des Werkzeuges,
2. die der Kraft- und Arbeitsmaschine und
3. die des geregelten Systems, des Automaten.

Jede folgende Stufe umfaßt die vorhergehende und fügt ihr etwas hinzu, die letzte Stufe umfaßt den Gesamtverlauf der Technik.

Nehmen wir als Beispiel für diese Entwicklung die technische Lösung des Problems des Fliegens. Auf der ersten Stufe schafft sich der Mensch ein Werkzeug zum Fliegen, die Schwingen des Dädalus und Ikarus. Der Aufwand an Kraft, der zum Fliegen notwendig ist, und der Aufwand zur Einhaltung des Gleichgewichts, eines bestimmten Kurses, ist ausschließlich Sache des Subjekts; objektiviert ist nur das Werkzeug, das den Zweck nur mit Hilfe des Menschen erfüllt.

Auf der zweiten Stufe, dem Motorflugzeug, ist auch die Kraft zum Fliegen objektiviert; der Grad der Zweckerfüllung durch das technische Objekt ist gestiegen.

Auf der dritten Stufe des selbstgesteuerten und stabilisierten Flugzeuges ist aller Aufwand des Subjekts objektiviert; der Zweck des Fliegens ist durch das selbsttätig gesteuerte und stabilisierte Flugzeug vollständig erfüllt; das Subjekt ist aus dem Bereich der für die Erfüllung des gesetzten Zweckes notwendigen Mittel ausgeschieden. Das technische Objekt ist vollständig, da es den gesetzten Zweck selbsttätig ohne Zutun des Subjekts erfüllt. So ist die den Akt der Objektivierung abschließende Regelungstechnik die methodische Vollendung der Technik.

4. Die Regelung als biologisches Grundproblem.

Und gerade auf der letzten Stufe der technischen Vollendung macht die Technik in der Regelung ein Problem offenbar, mit dem sie, selbst eine Äußerung des Lebens, ihre Verwandtschaft mit dem Grundproblem des Lebens erweist, das ebenfalls Regelung heißt; denn in der Entwicklung von Regeleinrichtungen scheinen wir uns ganz in den Spuren der Natur und nach ihrem Gesetz zu bewegen, die uns in Pflanze, Tier und Mensch die Regelung vielfältig vorgemacht hat.

Die Gleichgewichtslage unseres Körpers, die wesentliche Konstanz seiner Temperatur, des Blutdruckes, der Pulsfrequenz und vieler anderer Zustandsgrößen sind das Ergebnis von Regelungsvorgängen, für welche die von dem Hirnanhang gesteuerten chemischen Reaktionen in unserem Körper ein weiteres lebenswichtiges Beispiel sind.

So wird die allgemeine Regelungskunde nicht nur ein Fachgebiet sein, welches die Techniker verschiedenster Arbeitsrichtungen angeht, sondern die allgemeine Regelungskunde wendet sich über die Technik hinaus an den Physiologen *). Gerade der Physiologe ist bei der Erforschung der Regelungsvorgänge im Organismus in besonderem Maße gezwungen, zu vereinfachenden Schemata zu greifen. Solche vereinfachenden Schemata findet er in der Regelungstechnik in mannigfachen Formen fertig vor, als wenn sie für ihn geschaffen wären.

B. Vom Nutzen der Regelungstechnik

1. Ihre synthetische Funktion für den Unterricht und die Entwicklungsarbeit der Industrie.

Diese synthetische Funktion der Regelungstechnik für das technische Können und Wissen und die Heranbildung des Nachwuchses durch den Unterricht beruht darauf, daß der das zu regelnde System und den Regler umfassende Regelkreis mit gleicher grundsätzlicher Wirkungsweise in einer außerordentlichen Fülle verschiedenartiger Konstruktionen in Erscheinung tritt. Wie die oben genannten Beispiele zeigen, kann vor allem das zu regelnde System aus allen Gebieten der Technik stammen; es kann eine Kraft- oder Arbeitsmaschine sein, ein Flugzeug, ein Ofen, eine Gas- oder Wasserleitung, ein elektrisches Netz usw.; der meßtechnische Teil des Reglers kann sehr verschiedenartig und dem weiten Gebiet der mechanischen, thermischen und elektrischen Meßtechnik entnommen und für die Regelung besonders ausgebildet sein. Hinzu kommt die Mannigfaltigkeit der übrigen Bauelemente des Reglers, besonders der Kraftschalter und der Einrichtungen zum Vergleich von Ist- und Sollwert, der besonderen der Stabilisierung des Regelungsvorganges dienenden Elemente.

---

*) Vgl. Die Regelung als technisches und biologisches Grundproblem. Vorträge gehalten auf der Sitzung des Wissenschaftlichen Beirates des VDI am 17. Oktober 1940 in Berlin, Z. VDI Bd. 85 (1941) H. 4 S. 81/104.

Es ist nun nicht so, daß es nur notwendig wäre, aus all den in Betracht kommenden Sachgebieten die Kenntnisse über das zu regelnde System, die Meßgeräte und die übrigen Reglerteile zusammenzutragen. Das wäre keine Synthese. Die Dinge liegen anders. Der Regelkreis ist ein Ganzes, dessen Glieder in ihren Einzeleigenschaften durch die übergeordnete Eigenschaft des Ganzen bestimmt sind. Es ist daher notwendig, die Teile des Reglers, das Meßgerät und insbesondere das zu regelnde System unter der übergeordneten Forderung der Stabilität des Ganzen, allgemeiner der Güte der Regelung, zu bestimmen. Das führt häufig auf Fragen, die außerhalb des Zusammenhangs der allgemeinen Regelungskunde nicht gestellt und in den verschiedenen Fakultäten auch nicht beantwortet zu werden brauchen. Der anderweit bereitliegende Stoff an Wissen muß also wesentlich ergänzt und umgestaltet werden, damit er sich in eine allgemeine Regelungskunde einfügt. Der Regelkreis wird zum Zeichen der Einheit sehr verschiedener, auch physiologischer Arbeitsrichtungen werden.

Wie für die Theorie und die Lehre, so ist auch für die Entwicklungsarbeit der Industrie die Tatsache bestimmend, daß der Regelkreis ein Ganzes ist; auch hier fordert die allgemeine Regelungskunde den Zusammenschluß der Entwicklungsarbeiten. An die Meßtechnik z. B. stellt der Regelkreis eine ganze Reihe von Forderungen:

1. Für die Regelung sind Meßgeräte mit kleinen Zeitbeiwerten notwendig. Diese Aufgabe ist z. B. für die Messung des Heizwertes durch einen sofort anzeigenden Wärmemengenmesser noch nicht recht gelöst; das Thermoelement verdrängt das trägere mechanische Thermometer und wird selbst für den oberen Teil seines Meßbereichs durch die trägheitslose lichtelektrische Zelle verdrängt.

2. Wir brauchen Meßgeräte für die zeitlichen Ableitungen von Meßgrößen der verschiedensten Art; die Kreiseltechnik hat hier bereits gute Beiträge geliefert.

3. Der Regler erfordert den Bau astatischer Meßwerke mit Rücksicht auf den gleichbleibenden Wert der Regelgröße, statischer Meßwerke mit Rücksicht auf die Stabilität. Häufig muß beiden Forderungen durch Meßgeräte mit vorübergehender Statik genügt werden.

4. Es ist häufig nötig, die primären Meßgrößen verschiedener Art, z. B. Leistung, Frequenz, ihre Integrale und Ableitungen, auf die gleiche Größe, z. B. eine Spannung, zurückzuführen, um mit ihnen bequem Rechenoperationen verschiedener Art ausführen zu können, bevor sie auf den Regler wirken.

So entsteht durch die Forderungen der Regelung eine besondere Regelungsmeßtechnik, zu der auch diejenigen Geräte gehören, die, z. B. wie die selbsttätigen Kompensatoren, selbst Regelungseinrichtungen sind.

Noch wichtiger als der Einfluß des Regelkreises auf die Meßtechnik ist sein Einfluß auf das zu regelnde System. Hätte sich der Dampfkessel von vornherein in Verbindung mit der Regelungstechnik als Regelkessel entwickeln können, so wäre seine Geschichte eine andere, vor allem kürzere. Der Bensonkessel, bei dem mit Rücksicht auf eine gute Regelung der Einbau einer besonderen Trommel oder als Ersatz dafür einer Nebenheizfläche und besondere Überhitzeranordnungen erforderlich wurden, ist ein Beispiel aus der jüngsten Geschichte des Kessels für den Einfluß der Regelung auf seinen Bau.

Schon frühzeitig ist die gute Regelbarkeit mit Recht zum entscheidenden Merkmal für die Brauchbarkeit einer Anlage gemacht worden. Was für die Turbine gilt, gilt für den Kessel, für die Öfen und für alle nur möglichen zu regelnden Systeme. Die selbsttätige Regelung deckt häufig Fehler des geregelten Systems auf, die bei Bedienung von Hand ausgeglichen oder vertuscht werden. Die vollkommene Maschine ist nur mit vollständig zwangläufigem und gleichförmigem Funktionsablauf, d. h. nur mit selbsttätiger Regelung ihres Ganges zu denken.

Es ist eine sehr bedeutsame Aufgabe der Rationalisierung, die an der Erstellung eines Regelkreises beteiligte Industrie in engeren Zusammenhang untereinander zu bringen. Es ist nicht nur notwendig, die Regler bauenden Firmen zusammenzubringen, sondern vor allem auch die Erzeuger der zu regelnden Systeme mit den Erzeugern der Regler. Wer Öfen oder Kessel baut, gehört mit dem zusammen, der die Regler dazu baut. Öfen, Maschinen, Kessel und alle anderen fraglichen Systeme müssen von vornherein als hochwertige Regelstrecken gebaut werden.

Der VDI-Fachausschuß für Regelungstechnik hat sich dieser Aufgabe angenommen, alle Beteiligten zusammenzuführen. Dies hat schon heute auch in den großen Werken mit vielfältigen Regelungsinteressen zu einem Zusammenschluß der verschiedenen regeltechnischen Arbeitsrichtungen geführt. Auch im Reichspatentamt werden unter den in Frage kommenden, vornehmlich nach spezialtechnologischen Gesichtspunkten gegliederten Prüfungsklassen die notwendigen Querverbindungen geschaffen werden bei gleichzeitigem Ausbau des der allgemeinen Regelungstechnik dienenden Arbeitsbereichs. Bei allen diesen Arbeiten wird die selbsttätige Steuerung

wenigstens insoweit berücksichtigt werden müssen, als sie in Verbindung mit der Regelung auftritt oder als ihr Grenzgebiet zur Klärung der allgemeinen Regelungskunde berücksichtigt werden muß.

2. Ihr Nutzen für Wirtschaft, Wehrmacht und Sozialpolitik.

Die wirtschaftliche Auswirkung der Regelungstechnik ist ebenso wie ihre technische Entwicklung heute in der Hauptsache noch Sache der Zukunft. Sie ist aber schon heute voll gewährleistet, denn sie ist in erster Linie begründet in der Ausschaltung des Subjektes aus dem Bereich der technischen Mittel. Schon heute ist in zahlreichen Fällen der Mensch nicht in der Lage, die durch den Regler gut gelöste Aufgabe auch nur einigermaßen ebensogut zu lösen. Wie beim Messen, dem Feststellen funktionaler Zusammenhänge, so auch beim Regeln, ihrem Herstellen, ist das Subjekt die häufigste und stärkste Fehlerquelle.

Wir kommen zur exakten Betriebsführung, zum nahezu subjektlosen objektiven Betrieb, der allein Rohstoff und Energie verlustfrei verwerten kann, und damit zu einer Steigerung der Güte und der Menge der Erzeugnisse bei geringstem Aufwand. Ohne den Automaten in der Betriebs-, Verfahrens- und Fertigungstechnik ist der europäische Wirtschaftsraum nicht auszufüllen. Die Wehrtechnik, insbesondere die Waffentechnik und Kriegsfahrzeugtechnik, kennt zahlreiche Aufgaben, deren Lösung ohne die selbsttätige Regelung nicht möglich wäre. Die sozialpolitische Auswirkung der Regelungstechnik beruht ebenfalls auf der Ausschaltung des Menschen aus dem Wirkungszusammenhang mit der Maschine. Der Mensch ist nicht mehr lebendes Äquivalent eines technischen Mittels zum Zweck. In der zweiten Stufe der technischen Entwicklung, der Stufe der Maschine, der Stufe des halbgelösten technischen Problems, wirkte der Mensch häufig als Maschinenelement; er war der Sklave der Maschine. Die Rangordnung von Leben und Maschine war damit oft widernatürlich verkehrt, mit all ihren bekannten, bis ins Politische gehenden nachteiligen Folgen, die sich besonders im 19. Jahrhundert ausgewirkt haben. Durch die Regelungstechnik wird diese widernatürliche Rangordnung von Leben und Maschine beseitigt und unmöglich gemacht. Die Maschine hat die soziale Frage der europäischen Völker geschaffen; die Regelungstechnik hilft, sie zu beseitigen. Es gibt zwei Auswege aus der Tragik des halbgelösten technischen Problems: man kann zum Werkzeug und damit zum Handwerk zurückkehren, welches das Subjekt seelisch unversehrt läßt, das aus ungeschmälerter Lebensfülle heraus dem Handwerk die Kunst verschwistert, oder man kann mit allem Aufwand an schöpfe-

rischem Geist und Tatkraft hindurchschreiten zur Lösung des technischen Problems durch den Automaten, welcher das Subjekt aus dem Bereich der technischen Mittel befreit. Beide Wege wird man gehen, um dem Menschen seiner Bestimmung gemäß zur schöpferischen Tätigkeit zu verhelfen, nur nicht auf der Stufe der nichtselbsttätigen Maschine stehen bleiben.

Mitten im zukunftsgewissen Erleben des Entstehens des großdeutschen Sozialstaates erhält der Techniker in der Förderung der Regelungstechnik also auch einen sozialpolitischen Auftrag höchster Verantwortung.

Im Hinblick auf die Wirtschaft und auf die Sozialpolitik ist es die verpflichtende Parole des Technikers: Alles regeln, was regelbar ist, und das noch nicht Regelbare regelbar machen.

C. Die Aufgaben des Instituts für Regelungstechnik

Das Institut hat die Aufgabe, die Regelungstechnik durch Forschung und Lehre zu fördern.

1. Die Forschung wird in erster Linie der Schaffung der allgemeinen Regelungskunde dienen, d. h. der mathematischen Darstellung der allgemein gültigen Gesetze des Regelkreises, die ihre Anwendung auf besondere Regelgrößen und besondere zu regelnde Systeme behandeln. Der künftige junge Regeltechniker muß aus der Kenntnis des Gesamtproblems der Regelung heraus in der Lage sein, jeden regeltechnischen Einzelfall, an welchem zu regelnden System und für welche Regelgröße auch immer, durch Unterordnung unter die Grundaufgabe der allgemeinen Regelungskunde nach deren Lösungsregeln zu bearbeiten.

Die Forschung wird sich dabei nicht auf die Theorie beschränken können, sondern zum Experiment greifen müssen, um die noch zahlreichen Erfahrungslücken an Reglern und Regelsystemen auszufüllen.

Die Gewinnung einer gesicherten Grundlage für die Beurteilung der Güte einer Regelung ist ein weiteres Ziel, das durch Prüffelduntersuchungen von Reglern aller Art angestrebt werden muß. Die Forschung wird im Interesse der allgemeinen Regelungstechnik weiter ihre Aufgaben dort sehen, wo sich Anlagen als noch nicht oder vorläufig nur mit noch mangelndem Erfolg regelbar erwiesen haben,

und hier die zu regelnde Anlage ebenso zu ihrem Gegenstand machen wie die Weiterbildung der vorhandenen Regelgeräte und Verfahren. Hier wird sich ein reiches Feld von theoretischen und praktischen Forschungsaufgaben für selbständige Arbeiten der Studierenden öffnen. Der Industrie sollen die Forschungseinrichtungen des Instituts zugänglich sein, insbesondere soweit die interessierten Werke die Arbeiten durch Beauftragte ausführen lassen, die als Gäste des Instituts seine Verbindung mit der Industrie lebendig halten helfen.

2. Die Lehre wird ebenso wie die Forschung in erster Linie die allgemeine Regelungskunde zum Gegenstand haben. Neben Vorlesungen wird vor allem ein Praktikum der Einführung in das Gebiet dienen. In diesem Praktikum sollen Aufgaben aus den verschiedensten regeltechnischen Sondergebieten — einschließlich der Regelungsmeßtechnik — die Kenntnis einzelner spezieller Regelkreise als Beispiele für die allgemeinen Gesetze der Regelung vermitteln.

Der Unterricht dient der besonders dringenden Förderung des Nachwuchses, darüber hinaus der bei der raschen Fortentwicklung der Technik notwendigen Weiterbildung der Ingenieure. Für sie wird ein Kolloquium über Fragen der Regelungstechnik wichtig sein. Gastvorträge führender Fachleute der Industrie werden mit für eine enge Fühlung mit der Entwicklung der Regelungstechnik sorgen.

Es wird nicht Aufgabe des Instituts sein, als amtliche Entscheidungsstelle für Normung und Typisierung zu wirken.

D. Eingliederung des Instituts in eine Technische Hochschule

Nach dem Charakter seiner Aufgabe kann das Institut nur ein Hochschulinstitut sein. Nur im Rahmen einer Technischen Hochschule kann die Regelungstechnik ihre den Maschinenbau, die Elektrotechnik, den Schiffsmaschinenbau, Luftfahrzeugbau, die Fertigungstechnik und Verfahrenstechnik angehende synthetische Funktion entfalten. Das Institut wird darüber hinaus, um der Beiträge zur Erkenntnis der biologischen Regelung willen, mit der Universität, besonders mit den Physiologen, Verbindung halten müssen.

Wegen des notwendigen Zusammenhangs mit der Industrie kommt als Standort für das Institut in erster Linie Berlin in Frage. Hier

ist der Sitz der führenden Industrie; in unmittelbarer Berührung mit der erzeugenden Industrie werden Lehre und Forschung besonders gut gedeihen.

Hier ist außerdem die der Verbindung mit den Physiologen wegen wichtige Fühlung mit der Universität gegeben.

E. Der VDI-Fachausschuß für Regelungstechnik als Bindeglied zwischen Institut und Industrie

Zur Förderung der Regelungstechnik ist bereits vor geraumer Zeit auf Veranlassung des Vorsitzenden des VDI, Herrn Reichsministers Dr.-Ing. Todt, der VDI-Fachausschuß für Regelungstechnik gebildet worden. In diesem Ausschuß haben sich namhafte Vertreter der erzeugenden und verbrauchenden Industrie zum Erfahrungsaustausch zusammengefunden; von einer besonderen Arbeitsgruppe des Ausschusses wird das gesamte regelungstechnische Schrifttum einschließlich der Patentschriften bearbeitet und allen daran Interessierten in Schrifttumberichten so schnell wie möglich zugänglich gemacht.

Die Regelung elektrischer Größen wird in Verbindung mit dem zu diesem Zweck eingerichteten VDE-Fachausschuß für Regelungstechnik bearbeitet. Eine Arbeitsgruppe für die physiologischen Regelungsaufgaben ist ebenfalls gebildet worden. Der Ausschuß ist das gegebene Verbindungsglied zwischen Institut und Industrie. Er umfaßt nicht nur die Fachleute, die allein Träger einer solchen Verbindung sein können, sondern seine Aufgaben stehen mit dem Aufgabenkreis des Instituts in engstem fachlichem Zusammenhang.

Triasdruck GmbH Berlin SW 68

Richt linien für die Manuskriptabfassung.

Es wird zur Beschleunigung der Publikation gebeten, Beiträge an die Schriftleitung in doppelter Ausfertigung einzureichen. Etwaige Tuschzeichnungen oder Photos brauchen nur einfach eingereicht zu werden.
Artikel von mehr als 12 Druckseiten Umfang können in der Regel nicht angenommen werden. Unverlangte Manuskripte können nur zurückgesandt werden, wenn Rückporto beiliegt. Es wird gebeten bei nicht in deutscher Sprache verfaßten Manuskripten eine deutsche Zusammenfassung anzufügen und wenn möglich, zur Vermeidung von Druckfehlern, das Manuskript in Proportionalschrift mit Randausgleich als fertige Photodruckvorlage einzusenden.
Die verwendete Literatur ist, nach Autorennamen alphabetisch (verschiedene Werke desselben Autors chronologisch) geordnet, in einem Schrifttumsverzeichnis am Schluß des Beitrags zusammenzustellen. Die Vornamen der Autoren sind mindestens abgekürzt zu nennen. Bei selbständigen Veröffentlichungen sind Titel, Erscheinungsort und -jahr, womöglich auch Verlag, anzugeben. Zeitschriftenbeiträge werden vermerkt durch Name der Zeitschrift, Band, Seite (z. B. S. 317–324) und Jahr, in dieser Reihenfolge. (Titel der Arbeit kann angeführt werden). Im selben Jahr erschienene Arbeiten desselben Autors werden durch den Zusatz „a“, „b“ etc. ausgezeichnet. Im Text soll grundsätzlich durch Nennung des Autorennamens und des Erscheinungsjahrs des zitierten Werkes (evtl. mit dem Zusatz „a“ etc.), in der Regel aber nicht durch Anführung des ganzen Buchtitels zitiert werden. Wo es sinnvoll ist, sollte bei selbständigen Veröffentlichungen und längeren Zeitschriftenartikeln auch Seitenzahl oder Paragraph genannt werden. Anmerkungen sind zu vermeiden.

Forme des manuscrits.

Pour accélérer la publication les auteurs sont priés, de bien vouloir envoyer les manuscrits en deux exemplaires. Des figures (à l'encre de chine) et des photos, un exemplaire suffit.
En général les manuscrits qui fourniraient plus de 12 pages imprimées ne peuvent être acceptés. Les manuscrits non demandés ne deuvent être rendus que si les frais de retour sont joints. Si les manuscrits ne sont pas écrits en allemand, les auteurs sont priés de bien vouloir ajouter un résumé en allemand et, si possible, pour éviter des fautes d'impression, de fournir le manuscript comme original de l'impression phototechnique, c'est-à-dire tapé avec une machine aux caractères standard et avec marges étroites.
La littérature utilisée doit être citée à la fin de l'article par ordre alphabétique; plusieurs oeuvres du même auteur peuvent être enumérées par ordre chronologique. Le prénom de chaque auteur doit être ajouté, au moins en abrégé. Indiquez le titre, le lieu et l'année de publication, et, si possible, l'éditeur des livres, ou, en cas d'articles de revue, le nom de la révue, le tome, les pages (p.ex. p. 317–324) et l'année, suivant cet ordre; le titre des travaux parus dans de revues peut être mentionné. Les travaux d'un auteur parus la même année sont distingués par «a», «b» etc. Dans le texte on cite le nom de l'auteur, suivi de l'année de l'édition (éventuellement complèté par «a» etc.), mais non pas, en général, le titre de l'ouvrage; si c'est utile on peut ajouter la page ou le paragraphe. Evitez les remarques en bas de pages.

Form of Manuscript.

To speed up publication please send two copies of your paper. From photographs and figures (in indian ink) only one copy is required.
Papers which would cover more than 12 printed pages can normally not be accepted. Manuscripts which have not been asked for by the editor, are only returned if postage is enclosed.
If manuscripts are not written in German, a German summary is requested. If possible these manuscripts should be written as original for phototechnical printing, i. e. typed with proportional types and with straight-line margin.
Papers cited should appear in the Bibliography at the end of the paper in alphabetical order by author, several papers of the same author in chronological order. Give at least the initials of the authors. For books give also the title, the place and year of publication, and, if possible, the publishers. For papers published in periodicals give at least the title of the periodical in the standard international abbreviation, the volume, the pages (e.g. p. 317–324) and the year of publication. (It is useful to add the title of the publication.) When more than one paper of the same author and the same year of publication is cited, the papers are distinguished by a small letter following the year, such as "a", "b" etc. References should be cited in the text by the author's name and the year of publication (if necessary followed by "a" etc.), but generally not with the full title of the paper. It might be useful to mark also the page or paragraphe referred to.